



La storia della standardizzazione del tempo e della sincronizzazione dell'ora si intreccia con la storia dell'orologeria pesarina riferita agli orologi realizzati per le ferrovie italiane. Questi manufatti evocano tratti peculiari dell'attività industriale della F.Ili Solari: una visione del mondo di ampi orizzonti propria della cultura carnica legata alle migrazioni, una strategia imprenditoriale aperta alla ricerca, al confronto, all'innovazione in contesto europeo, unite alla passione ereditata per la meccanica, per la precisione, per la cura dei materiali e dei dettagli.

ISBN 979-12-210-5893-2



9 791221 058932

SINCRONIZZAZIONE DEL TEMPO E INGEGNERIA DI PRECISIONE | l'orologeria pesarina negli anni Trenta

# SINCRONIZZAZIONE DEL TEMPO E INGEGNERIA DI PRECISIONE l'orologeria pesarina negli anni Trenta

a cura di Stefano Solari



Associazione Amici dell'Orologeria Pesarina  
Giovanni Battista e Remigio Solari APS - ETS

SINCRONIZZAZIONE  
DEL TEMPO  
E INGEGNERIA  
DI PRECISIONE  
l'orologeria  
pesarina  
negli anni Trenta

**a cura di Stefano Solari**



Creative Commons NC 2024

Molte foto sono tratte dai testi citati in bibliografia o sitografia

Un sentito ringraziamento al professor Longo per aver coltivato la relazione con l'associazione, al socio Adelchi Puschiasis per l'indispensabile supporto nella ricerca d'archivio, alla dottoressa Marina Di Ronco e alla giornalista Eva Grössen per i contatti con il professore Peter Payer

Progetto grafico di Irene Cimenti

Pubblicazione realizzata da: *Amici dell'Orologeria Pesarina*  
*Giovanni Battista e Remigio Solari APS-ETS*  
nell'ambito del progetto: "Pesariis Europa: l'orologio mediatore tra genti e culture. La sincronizzazione del tempo e l'ingegneria di precisione"  
Avviso Studi e ricerche storiche 2022 "Terra di passaggio"

in partenariato con



Comune di  
Prato Carnico  
Museo  
dell'Orologeria  
Pesaris



Comunità di montagna  
della CARNIA



Museo Carnia  
Viale A. Manzoni  
Michele Contarini



UDINE  
MUSEI  
Museo etnografico  
del Friuli



FONDAZIONE  
PALAZZO  
CORONINI  
CRONBERG

Associazione  
della Carnia  
Amici dei Musei  
e dell'Arte



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TRIESTE



goriski muzej



Comunità  
degli Italiani  
di Parenzo



Circolo Culturale  
Fotografico Carnico

con il contributo di



# SINCRONIZZAZIONE DEL TEMPO E INGEGNERIA DI PRECISIONE l'orologeria pesarina negli anni Trenta

L'apporto  
della F.Ili Solari  
allo sviluppo  
della rete ferroviaria  
italiana

**a cura di Stefano Solari**

# INDICE

	<b>PRESENTAZIONE</b>		
<b>11</b>	<b>SAGGIO INTRODUTTIVO</b>		
	La storia della standardizzazione del tempo e della sincronizzazione dell'ora		
	<i>Stefano Solari</i>		
	<b>PARTE PRIMA</b>		
	<b>La storia e la tecnologia della sincronizzazione dell'ora</b>		
<b>33</b>	Pesariis - Europa, dal tempo locale al tempo nazionale: il contributo della F.Ili Solari alla modernizzazione tecnologica italiana		
	<i>Alceo Solari</i>		
<b>51</b>	La battaglia per la sincronizzazione dell'ora in ambito urbano. Il caso di Vienna		
	<i>Peter Payer</i>		
<b>57</b>	La funzione degli osservatori astronomici nella misura del tempo		
	<i>Marco Citossi</i>		
<b>63</b>	La Centrale oraria di Venezia, patrimonio materiale e immateriale. Testimonianza di un legame tra mondo ferroviario e mondo orologiaio		
	<i>Fabrizio Vio</i>		
	<b>PARTE SECONDA</b>		
	<b>La didattica scientifica e tecnologica</b>		
<b>69</b>	L'accordo di tirocinio con AOP in seno al progetto		
	<i>Francesco Longo</i>		
<b>71</b>	La misura e la sincronizzazione del tempo tra fisica e ingegneria di precisione		
	<i>Matteo Avena e Riccardo Corte</i>		
<b>87</b>	I segreti dei pendoli astronomici moderni: il pendolo di Riefler		
	<i>Gildo Solari</i>		
<b>97</b>	La forma immaginata: dalla rappresentazione tecnica alla tecnologia realizzativa del modello di scappamento di Siegmund Riefler 1893		
	<i>Renato Machin</i>		
<b>103</b>	Testimonianza del Gruppo Astrofisico Fondazione La Polse di Cougnes		
	<i>Beatrice Gaiani e Andrea Cescato</i>		
	<b>PARTE TERZA</b>		
	<b>La storia delle Ferrovie e il collezionismo</b>		
<b>107</b>	Orologi registratori: testimonianza di una passione al servizio del patrimonio culturale		
	<i>Andrea Moro</i>		
<b>111</b>	L'orario e l'orologio, strumenti di lavoro del ferroviere.		
	<i>Roberto Trombetta</i>		
	<b>CONCLUSIONE</b>		
<b>117</b>	La capitalizzazione della ricerca attraverso il progetto di divulgazione 2023-24		
	<i>Franco Rota</i>		

## PRESENTAZIONE



Veduta di Pesariis  
nel 1912

L'Associazione "Amici dell'Orologeria Pesarina Giovanni Battista e Remigio Solari" continua a operare per favorire la conoscenza, la salvaguardia e la divulgazione di aspetti significativi del patrimonio culturale orologiaio pesarino. Nel 2022 ha elaborato un nuovo progetto di ricerca storico-etnografica: *"Pesariis- Europa... l'orologio, mediatore fra genti e culture. La sincronizzazione del tempo e l'ingegneria di precisione"*, che ha ottenuto il sostegno economico della Regione FVG in seno all'Avviso 2022 "Terra di passaggio" e un co-finanziamento dalla Fondazione Friuli. Uno dei due temi di ricerca previsti ha interessato la Sincronizzazione del tempo e l'orologeria Pesarina negli anni Trenta, con particolare attenzione all'apporto dato dalla F.lli Solari alle soluzioni per lo sviluppo della rete ferroviaria italiana.

È stata colta l'opportunità di far emergere tratti significativi dell'iniziale fase industriale collocandola nel più ampio contesto europeo, che nel 1800 aveva iniziato a misurarsi con i problemi della standardizzazione del tempo e con la sincronizzazione dell'ora esatta.

Per la F.lli Solari si è trattato di affrontare il passaggio dalla meccanica all'elettromeccanica e di costruire nuovi strumenti di misurazione del tempo di alta precisione. Il taglio dato alla ricerca è stato quello di far incontrare la tecnologia con la scienza attraverso lo studio di un manufatto, la Centrale oraria, declinarlo in ambito storico e didattico-formativo anche attraverso il progetto in 3D del pendolo di Riefler, e di dialogare con il mondo dei collezionisti cogliendo il valore culturale della loro attività di ricerca, restauro e diffusione di manufatti storici. Ne sono nate relazioni significative con l'Università di Trieste, con gli Osservatori astronomici, con il mondo



Regolatore F.S.  
della F.lli Solari.  
(Foto: Andrea Moro)

ferroviario-Rete Ferroviaria Italiana, i Musei ferroviari, il collezionismo, gli appassionati.

I risultati della ricerca sono stati raccolti e comunicati attraverso una pluralità di azioni e linguaggi: dal Workshop realizzato il 28 ottobre 2023 nell'Auditorium comunale di Pieria di Prato Carnico al filmato sulla Centrale oraria F.lli Solari - anni '40 - della Stazione di Venezia S. Lucia, ritrovata ben conservata e custodita, all'exhibit del pendolo di Riefler.

In tale contesto, la presente pubblicazione raccoglie gli studi preparatori al seminario e li integra con le relazioni tenute nell'incontro pubblico: evento che ha coinvolto la comunità di vallata, gli ex-orologiai, gli operatori museali, i cultori dell'arte orologiaia, i partner di progetto e le Istituzioni del territorio. Si tratta di contributi provenienti da diversi ambiti disciplinari ed esperienziali.

Degno di nota è stato l'impegno, attraverso un tirocinio, di due studenti del Dipartimento di Fisica dell'Università di Trieste. La presenza dei loro apporti sottolinea la strategia di AOP nell'implementare e sperimentare diverse forme di coinvolgimento diretto dei giovani nell'approccio alla cultura materiale e immateriale custodita in Carnia, in un momento storico complesso e dinamico. Il più vivo ringraziamento va a tutti coloro che hanno dato il proprio fattivo e significativo contributo per la buona riuscita della ricerca e del seminario: dall'Università di Trieste all'Unità Manutentiva Telecomunicazioni di RFI-Dipartimento di Venezia Mestre, ai collezionisti del mondo delle Ferrovie.

Si ringraziano inoltre le Istituzioni che si sono impegnate a rendere visibili e a tesoriare le conoscenze emerse: dal Comune di Prato Carnico nelle figure della Sindaca Erica Gonano e dell'Assessore alla cultura Gino Capellari, alla Fondazione Museo Gortani di Tolmezzo nella figura dell'onorevole Aurelia Bubisutti.

*Rosa Maria Solari  
Presidente dell'Associazione  
"Amici dell'Orologeria Pesarina  
Giovanni Battista e Remigio Solari APS-ETS"*

# LA STORIA DELLA STANDARDIZZAZIONE DEL TEMPO E DELLA SINCRONIZZAZIONE DELL'ORA

Stefano Solari - *dSEA, Università di Padova,*  
*Responsabile Scientifico AOP*



La fabbrica F.lli Solari  
nel 1922.  
(Foto: Franco Casali)

## 1. Il ruolo dell'orologio nel progresso economico

L'orologio è stato l'invenzione centrale non solo per il capitalismo industriale ma per tutta la modernità. Ha consentito un profondo cambiamento della vita sociale permettendo un più stretto e preciso coordinamento delle azioni delle persone disciplinandole (Mumford, 1934). D'altra parte, le conoscenze degli orologiai sono state fondamentali per la rivoluzione industriale, soprattutto per realizzare i processi di automazione dei processi produttivi che hanno sostituito il lavoro umano con l'energia. L'orologio è uno strumento di misura, di rappresentazione e comunicazione del tempo. Essendo un congegno con natura sociale, è necessario che fornisca la stessa ora almeno nello spazio d'interazione rilevante per il gruppo di persone di riferimento (un paese, uffici, trasporti...). Negli ultimi due secoli, è proprio lo spazio d'interazione dei processi sociali ed economici ad essersi allargato progressivamente grazie ai nuovi strumenti di comunicazione come il treno ed il telegrafo (oggi con Internet). Questa maggiore facilità di comunicazione ha reso necessario avere degli standard di riferimento temporale comuni su aree sempre più vaste. Ciò ha reso necessari i processi di *sincronizzazione* e di *standardizzazione* dell'ora qui trattati.

- Per *sincronizzazione* intendiamo lo sviluppo di dispositivi tecnici che permettono di ottenere la stessa indicazione oraria su diversi orologi distanti nello spazio.
- Per *standardizzazione* dell'ora intendiamo la concreta attuazione della convenzione (processo politico-amministrativo) che ha portato all'istituzione dell'ora media uniforme nello spazio di fasce orarie molto approssimativamente corrispondenti ai meridiani (ora universale).

Le diverse località hanno ore solari – determinate dalla posizione del sole – differenti. Lo scarto tra la longitudine di Trieste (13,8°) e di Torino (7,7°) determina un ritardo di quest'ultima di circa 24'. Ci sono però anche un paio di minuti di differenza tra Trieste ed Udine, per cui i triestini vedono il sorgere del sole con due minuti di anticipo rispetto ai friulani. Infatti, un grado di longitudine (su 360° della circonferenza terrestre) rappresenta 4' di tempo (1440 minuti giornalieri distribuiti su 360°). La standardizzazione del tempo ha fatto sì che le diverse località di una regione amministrativa adottassero tutte lo stesso orario prescindendo da queste differenze. Il processo non è stato semplice, né dal punto di vista amministrativo, né dal punto di vista pratico. Ciò soprattutto per la scarsa precisione degli orologi e per la difficoltà di conoscere l'ora "non-solare" di riferimento (non che conoscere quella solare fosse facile).

La standardizzazione ha così reso ancor più necessaria la sincronizzazione, che ad ogni modo procedeva rapidamente a causa dell'esigenza di una omogeneità locale o della razionalizzazione dei sistemi di comunicazione e trasporto. D'altra parte, la sincronizzazione locale e parziale o su reti di trasporti, avvenuta nella parte centrale dell'Ottocento, creava situazioni di sovrapposizione di orari diversi, soprattutto tra quello locale e quello dei treni. Su tutto regnava l'incertezza sulla precisione degli orologi e sulla effettiva rimessa all'ora degli orologi esistenti, processo estremamente dispendioso. Quindi gli orologi degli osservatori astronomici, precisi e quotidianamente aggiornati, divennero un'istituzione importante anche per i comuni cittadini delle grandi città. La periferia invece rimaneva in una situazione molto più incerta. Questa situazione si è perpetuata per tutta la prima metà del Novecento, sino a quando sono stati realizzati i servizi di segnale orario radiofonico e telefonico.

Il processo di ricerca della maggiore precisione degli orologi ebbe impulso in Gran Bretagna in funzione della navigazione. Simbolicamente, ci si riferisce al bando del Parlamento inglese dell'8 luglio 1714, il *Longitude Act*, che assegnava un premio di 20.000 sterline per un orologio da marina con precisione utile ad un errore inferiore al mezzo grado di longitudine. Il premio fu incassato solo nel 1773 da Harrison, dopo numerosi tentativi. Egli dovette anche affrontare l'opposizione degli astronomi (Newton e Halley) e persino il sabotaggio (di Nevil Maskelyne, padre del meridiano di Greenwich) che puntavano sul calcolo legato agli astri o, nel caso di Newton, sul calcolo basato sull'interazione luna-gravità (Cevasco 2013). È interessante il fatto che Venezia

non abbia dimostrato alcun interesse per questi calcoli e per il perfezionamento di questi strumenti che ne avrebbero forse rivitalizzato la forza commerciale.

Tuttavia, per la vita dei cittadini e, soprattutto, per i mercati, il problema della sincronizzazione si aggiunge a quello della precisione dell'orologio e inizia a divenire fondamentale proprio alla fine dell'Ottocento. Oggi la precisione si ottiene soprattutto attraverso la sincronizzazione automatica sull'ora globale. Naturalmente l'orologio fonte del segnale deve essere preciso e affidabile, ma possibilmente automaticamente connesso con una fonte qualificata come nell'Ottocento e nei primi del Novecento lo erano gli osservatori astronomici (oggi Internet e il GPS).

## 2. La prima fase della sincronizzazione locale 1852-1883

Le prime forme di sincronizzazione avvengono in modo naturale tramite segnali ottici come l'orologio del campanile e la palla del tempo, oppure sonori come le campane o i colpi di cannone. La palla del tempo è particolarmente interessante in questo ambito. Si tratta di un oggetto sferico colorato che veniva fatto cadere una volta al giorno ad un orario predeterminato (in genere alle 13:00) per segnalare l'ora esatta alle navi in porto. Era normalmente collocata su un pennone posto sul tetto dell'osservatorio astronomico o di un edificio ad esso collegato. La prima fu installata al porto di Portsmouth nel 1829 su iniziativa del capitano Robert Wauchope della Royal Navy (Homes, 2009). A Greenwich sarà installato nel 1833 per tutte le navi nei Docs e a Trieste presso la Lanterna nel 1850.

Nell'Ottocento si sviluppa una forte sinergia tra osservatori astronomici ed orologiai: gli osservatori avevano bisogno di orologi per le loro misurazioni sin dal tempo degli studi di Galileo. Gli orologiai avevano bisogno dell'ora esatta per poter studiare e migliorare i propri prodotti. Si innescò quindi un ciclo virtuoso di collaborazione e di sviluppo tecnologico tra la metà dell'Ottocento e l'inizio del Novecento che portò alla nascita di *orologi siderali* e sistemi di segnalazione oraria centralizzati. Questa tecnologia rimarrà sostanzialmente invariata sino agli anni '70 del Novecento, quando l'elettronica e l'informatica rivoluzioneranno il modo di misurare e trasmettere l'ora.

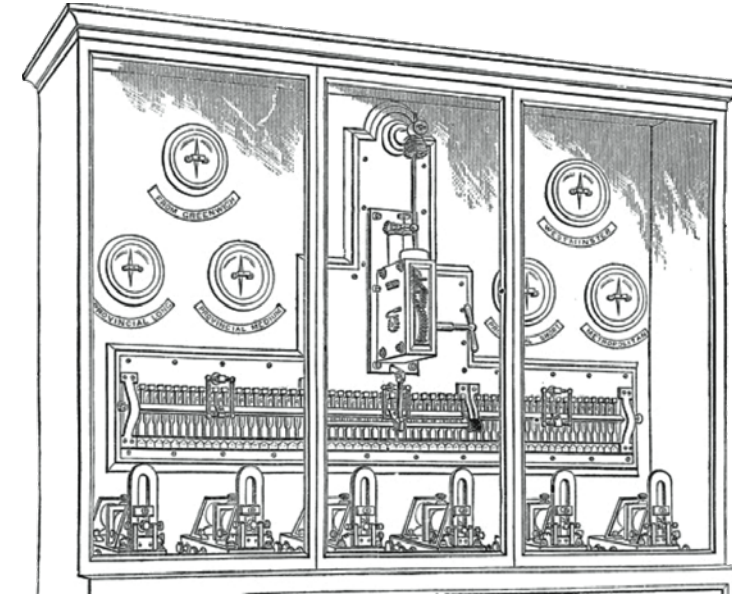
La Gran Bretagna, che aveva acquisito notevoli competenze orologiaie nel Settecento, rimarrà tecnologicamente all'avanguardia sino agli anni '70 dell'Ottocento. Le innovazioni in tale momento storico sono soprattutto trainate dalla domanda.





**Fig.1**  
L'orologio ricevitore all'esterno dell'Osservatorio di Greenwich (1852).

Per fare un esempio, la famiglia Belville operò fruttuosamente dal 1836 sino all'inizio del Novecento portando l'ora esatta a mano con un cronometro dall'osservatorio di Greenwich a vari clienti della città di Londra ogni lunedì (Rooney e Nye, 2009). Il primo orologio elettrico inglese è stato realizzato da Charles Shepherd nel 1850 ed installato nell'osservatorio di Greenwich. Era anche dotato di una connessione ad un piccolo numero di orologi ricevitori, tra i quali quello esterno con il quadrante su 24h, ancora oggi visibile all'esterno del vecchio osservatorio (fig.1). Questo orologio veniva sincronizzato ogni giorno con l'orologio siderale dell'osservatorio (Ishibashi, 2020). La sua segnalazione oraria fu anche connessa telegraficamente con la vicina stazione di Lewisham e con la rete telegrafica della *Electric Telegraph Company* (ETC) creata nel 1846 che lo utilizzava per vendere l'ora esatta via cavo telegrafico (con un semplice segnale una o due volte al giorno ed un segnale di ritorno di controllo). Nel 1864, l'ing. Cornelius Varley inventò un dispositivo denominato *Chronopher* per meccanizzare la distribuzione del segnale telegrafico, riducendo l'intervento manuale umano (fig.2, Engeler, 1883). L'astronomo reale George Biddell Airy si prodigò perché l'ora di Greenwich divenisse il punto di riferimento per tutto il territorio nazionale. Riuscì a generare una generale fiducia nella automazione del segnale orario grazie alla meccanizzazione delle fasi di rilevazione e trasmissione (Ishibashi, 2020). Già nei primi anni '50 dell'Ottocento, garantiva una precisione dell'o-



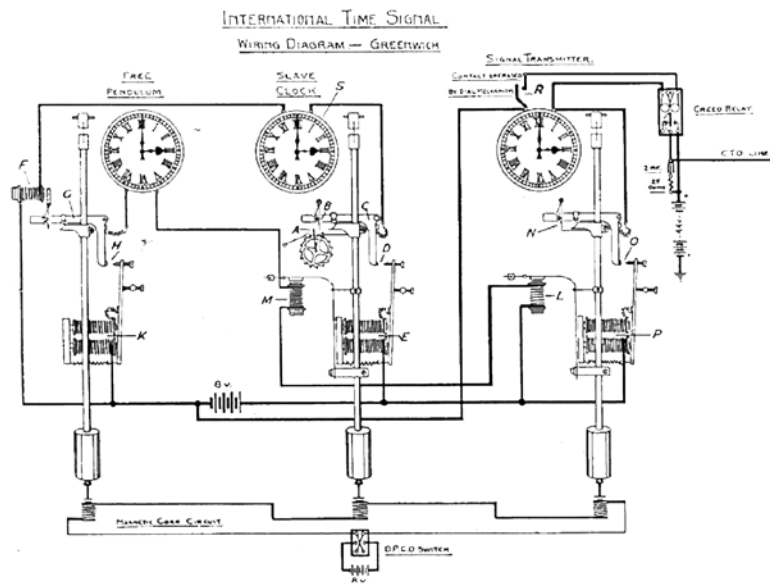
**Fig.2**  
Il Chronopher di Varley.

riario di un ventesimo di secondo ed il segnale giungeva nelle regioni più remote entro un secondo. In realtà, l'affidabilità del sistema rimase scarsa sino ai primi decenni del Novecento a causa sia di ineliminabili fasi manuali, ma soprattutto della precarietà dell'infrastruttura telegrafica. Nel 1870 i servizi telegrafici vengono nazionalizzati ed ETC viene assorbita da GPO (*General Post Office* - uffici postali).

Anche GPO vendeva il segnale orario, e con lo stesso scopo fu fondata la *Standard Time Co.* (STC) nel 1876. In quell'anno, la STC inventò un sincronizzatore automatico per orologi che rilevava la posizione delle lancette confrontandola con il segnale orario. Questo dispositivo decretò il successo commerciale della STC nella vendita del segnale orario via cavo (Gay, 2003). In questi anni la distribuzione telegrafica del segnale di Greenwich determinò una gerarchizzazione di fatto della determinazione dell'ora per la Gran Bretagna (fig.3).

Il Big Ben rimase per lungo tempo il principale riferimento per i londinesi. Era stato dotato di un orologio di E.J. Dent che veniva sincronizzato manualmente in modo estremamente preciso. D'altra parte, la sincronizzazione via telegrafo aveva dei problemi: le linee telegrafiche spesso non funzionavano oppure gli orologi non venivano rimessi all'ora nonostante la disponibilità del segnale per la laboriosità dell'operazione. A questo punto, l'evoluzione tecnologica inglese, basata soprattutto sull'iniziativa privata, rallenta e viene sopravanzata da quella tede-

**Fig.3**  
 Lo schema  
 del sistema  
 di trasmissione  
 del segnale orario  
 di Greenwich  
*International Time*  
*Service*: pendolo  
 libero, orologio  
 ricevitore (*slave*)  
 e trasmettitore  
 (Gibbon, 1928).



sca basata su ingenti investimenti pubblici in infrastrutture. Infatti, l'idea di Shepherd venne meglio sviluppata da Garnier e da Hipp. Quest'ultimo fu l'orologiaio continentale di riferimento negli ultimi anni dell'Ottocento. Egli sarà con Garnier il primo produttore di orologi a pendolo con ricarica elettrica in serie rilevanti.

Nel frattempo, gli osservatori astronomici investono nella realizzazione di orologi regolatori con meccanismi sempre più precisi e affidabili. Nel 1865, Friedrich Tiede realizza il primo orologio a pendolo di precisione in ambiente a pressione costante per l'osservatorio di Berlino. Si cerca di sviluppare ogni genere di artificio per ridurre gli attriti e le distorsioni legate alle variazioni ambientali. Nel 1878, gli orologiai del distretto di Besançon vogliono un loro osservatorio astronomico perché era difficile produrre orologi di precisione senza l'ora esatta. Cosa che invece era possibile per gli orologiai di Ginevra-Neuchâtel che avevano un osservatorio dotato di regolatore di precisione di Mattheus Hipp come orologio principale e che dal 1867 comandava una rete di orologi elettrici pubblici (nel 1880 arriveranno a 67 orologi cittadini collegati all'osservatorio). Per un certo tempo rimane incerta la tecnologia di sincronizzazione. Il sistema basato sull'elettricità è molto semplice e richiede costi limitati, ma non ci sono reti elettriche con le quali alimentare gli orologi e le linee di trasmissione. Le batterie non erano efficienti ed erano difficili da ricaricare. Per questo moti-

vo, le prime forme di centralizzazione oraria in ambito urbano sono di tipo pneumatico: a Vienna nel 1870 e Parigi nel 1880 grazie a grandi centrali a vapore e tubature che collegano gli orologi pubblici. Comunque, nel 1885 a Parigi viene installata anche una centrale oraria con trasmissione dell'ora elettrica (Lepaute-Brillié-Garnier) e rimarrà in competizione con i sistemi orari pneumatici sino al 1930. Nel 1883 Vienna organizza l'"Esposizione Internazionale dell'Elettricità" che promuove una svolta nell'uso dell'ingegneria elettrica nel settore pubblico. Milano nel 1875 si dota di un orologio a pendolo di precisione a Palazzo Marino, regolato dagli astronomi dell'Osservatorio di Brera. Trasmetteva gli impulsi tramite cavi telegrafici agli orologi collocati nelle vie e nelle piazze del centro. Berlino nel 1893 adotta un sistema di orologi pubblici sincronizzati che per la prima volta riporta l'indicazione dei secondi.

Alla fine del secolo si ottiene anche un deciso progresso nella meccanica: Sigmund Riefler di Monaco realizza una serie di brevetti che aumentano la precisione e riducono il costo degli orologi regolatori:

- 1889 Clemens Riefler brevetta (D.R. 50739) il pendolo libero a doppio ingranaggio;
- 1896 Charles Édouard Guillaume inventa la barra del pendolo in lega di acciaio e nickel che minimizza la dilatazione riducendo la necessità di camere bariche isolate;
- 1897 Sigmund Riefler brevetta il pendolo compensato di acciaio al Nickel (DRP 100870);
- 1903 Sigmund Riefler brevetta il meccanismo di ricarica elettrico (DRP 151710);
- 1913 Sigmund Riefler brevetta lo scappamento a gravità (DRP 272119).

Il dispositivo di Riefler ebbe grande successo per molti anni. Infatti, già nel 1901 l'osservatorio di Neuchâtel adotta un pendolo Riefler in sostituzione di quello di Hipp. Si tratta della tecnologia fondamentale per le centrali orarie. Questo progresso tecnologico nella precisione degli orologi regolatori e nella possibilità di sincronizzare gli orologi trovò un limite istituzionale nel non coordinamento degli orari delle diverse località, ancora basati sull'ora solare. La crescita delle nazioni e delle economie nazionali richiedeva una unificazione dei riferimenti temporali.

### 3. La standardizzazione dell'ora 1883-1912

Per molto tempo il riferimento temporale per definire l'ora è stato l'intervallo tra l'alba ed il tramonto. Tale riferimento fu anche sancito dalla bolla di papa Sabiniano (530-606) che introdusse l'usanza di suonare le campane alle sette ore canoniche. Tale riferimento è molto variabile nel corso dell'anno (le ore si allungano d'estate e si accorciano d'inverno) e nel corso del Trecento in Europa si passò all'ora di sessanta minuti e alla regolazione dell'ora sul mezzogiorno, che è molto più stabile. In altre civiltà, come quella giapponese, il riferimento temporale all'inizio e fine della giornata diurna, con ore di durata variabile nel corso dell'anno, persistette sino alla fine dell'Ottocento. Tuttavia, la fissazione dell'ora solare con regolazione meridiana ha il difetto che varia a seconda della longitudine e nell'Ottocento questo divenne fonte di difficoltà. Problemi di gestione e di sicurezza delle ferrovie indussero il governo italiano nel 1866 ad adottare l'ora solare della città di Roma (che non è l'attuale ora media) per tutta la rete ferroviaria, i piroscafi e le poste. Questo però generò un doppio orario (tranne che sull'asse di Roma) tra orario dei trasporti ed orario locale. Per la stessa ragione, nel 1880 l'ora solare di Greenwich divenne l'orario medio ufficiale della Gran Bretagna (il cosiddetto GMT, ora media di Greenwich). Nel 1883 negli USA e in Canada vengono abbandonate le 53 diverse ore ferroviarie adottate sino a quel momento dalle varie compagnie e viene stabilita l'ora ferroviaria standard sulla base delle cinque fasce orarie corrispondenti ai meridiani 60, 75, 90, 105 e 120 (gli USA si estendono per 231 minuti). Nello stesso anno, si tiene la conferenza Geodetica a Roma dove si cerca un coordinamento per l'adozione di un'ora universale. Altre conferenze si terranno nel 1884 a Washington, nel 1890 a Parigi e nel 1891 a Berna. Già a Washington nel 1883 Fleming (USA) propone di adottare globalmente i fusi orari, già applicati alle ferrovie USA, dividendo la terra in 24 spicchi sferici e prendendo l'ora di Greenwich GMT come riferimento standard. Gli USA adottano quattro ore medie a -5, -6, -7, -8 rispetto a Greenwich. Gli altri stati seguiranno con grande riluttanza (in particolare la Francia) (Bartky, 1989). La conseguenza è la nazionalizzazione dell'ora. L'Italia adotta l'ora media dell'Europa Centrale (CET, cioè Greenwich+1) nel 1893. La Francia è molto riluttante per l'aggiustamento necessario di 9' e 21" nell'adozione del CET rispetto all'ora solare di Parigi, già adottata come media per Francia ed Algeria.

Una volta adottata formalmente l'ora media del fuso orario, in realtà il problema di sincronizzare gli orologi diventa ancor più complicato per la necessità di avere delle fonti e dei mezzi affidabili di sincronizzazione ad un'ora che non è più determinabile localmente. Si rafforza quindi il ruolo degli osservatori astronomici che determinavano l'ora attraverso le stelle, ma l'interconnessione rimarrà problematica per lungo tempo. Nel 1912 vengono emessi i primi segnali orari via radio dalla torre Eiffel da un impianto prodotto da *Leroy et cie* di Parigi sull'ora CET e per un raggio utile di 5.000 km. La Commissione Internazionale dell'ora, riunitasi a Parigi, stabilisce un programma razionale di distribuzione mondiale dell'ora a mezzo delle principali stazioni radio-telegrafiche del globo, unificando i segnali orari ed assegnando alle diverse stazioni le varie ore di emissione. Questa sarà la fonte più precisa ed economica dell'ora esatta per molto tempo. Il problema sarà ricevere il segnale e poi custodire l'ora esatta con orologi regolatori di precisione. Le centrali orarie hanno proprio questo ruolo.

### 4. La lenta sincronizzazione post-standardizzazione

Il più importante evento per i comuni cittadini è il segnale orario della BBC, che inizia ad essere trasmesso dal novembre 1922 prima delle notizie delle ore 07:00 e delle 21:00. La BBC si collega con l'osservatorio di Greenwich nel 1924 grazie ad un orologio pilota Synchronome che comanda diversi ricevitori nei locali BBC (Gay, 2003). La Synchronome progettò un dispositivo per la sincronizzazione dell'orologio sul segnale trasmesso dalla torre Eiffel che ebbe un grande successo. In questi anni, la principale innovazione è proprio la comunicazione del segnale orario al pubblico per la rimessa all'ora degli orologi privati:

- 1922 Segnale orario radio della BBC;
- 1933 Ora esatta telefonica francese;
- 1934 Ora esatta telefonica olandese;
- 1936 Ora esatta telefonica inglese;
- 1942 Ora esatta italiana dal Galileo Ferraris via radio RAI.

Nel 1955 avviene il passo più deciso nella direzione della precisione di determinazione del tempo: viene avviato a Londra il primo orologio atomico. Poco tempo dopo, nel 1959 viene attivato quello di Braunschweig che diffonderà il segnale dell'ora legale

DCF77, creato dal *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB). Si basa su tre orologi atomici e distribuisce quindi l'ora con uno scarto minimo. Ha iniziato il servizio come stazione a frequenza standard il 1° gennaio 1959 e nel giugno 1973 sono state aggiunte le informazioni su data e ora. Oggi le principali fonti dell'ora esatta sono quelle che fanno funzionare il GPS e Internet. Inoltre, uno degli orologi più precisi è quello che regola i mercati finanziari, evitando che le transazioni automatiche ad alta frequenza possano accavallarsi o speculare su lassi di tempo brevi. Quindi è avvenuta la completa de-nazionalizzazione o globalizzazione del tempo.

## 5. Le ferrovie e le centrali orarie

Nel 1919 le ferrovie tedesche, che già disponevano di un'organizzazione per segnalare giornalmente l'ora esatta a tutte le stazioni via telegrafo, installano un sistema di orologeria centralizzata per tutta la regione di Berlino. In Italia, sino al 1919, l'ora alla stazione di Trieste arrivava via telegrafo da Venezia, che a sua volta la riceveva da Bologna e quest'ultima da Roma. Nel 1919 Venezia si dota di un apparato ricevente diretto per l'ora esatta. Il problema che le stazioni devono affrontare per offrire un servizio sicuro ed affidabile è avere un riferimento certo dell'ora, sincronizzato a quello delle altre stazioni e omogeneo per tutti gli orologi ed altri impianti di controllo della stazione.

- Come ottenere l'ora esatta;
- come conservare l'ora in modo preciso;
- come evitare interruzioni di servizio o perdita della sincronizzazione;
- come distribuire l'orario su un numero elevato di orologi anche molto lontani dal pilota

La soluzione trovata all'inizio del Novecento è la *centrale oraria*. Non è un semplice orologio pilota, ma un impianto complesso che ha soprattutto come obiettivo l'affidabilità: la sicurezza del servizio. Per questo motivo queste centrali sono formate da due orologi regolatori, uno di elevata precisione, con pendolo Riefler, e l'altro di riserva, ma comunque di elevata qualità. Vi sono poi tutti i dispositivi di segnalazione e di emergenza per gestire interruzioni di alimentazione o individuare guasti nelle linee. La potenza di segnalazione era notevole, potendo controllare diverse centinaia di orologi ricevitori. Le prime centrali furono

concepite in Germania ed in Svizzera da *Siemens & Halske*, *Normal Zeit* e dalla *Bohmeyer* e divennero negli anni '30 lo standard come impianto per le ferrovie. La F.lli Solari realizzò la sua prima centrale nel 1940 per la stazione di Venezia S. Lucia adottando un regolatore Bohmeyer. Poi realizzò in casa i suoi regolatori di precisione. Nel 1939 brevettò anche un movimento per orologi ricevitori di grande dimensione di elevata qualità e divenne il maggior fornitore di orologi da stazione in Italia sino agli anni '60. Anche altri luoghi pubblici avevano necessità di orari sincronizzati per sistemi di orologeria: scuole, poste, ospedali, uffici pubblici. In questi casi, però vi era una minore necessità di affidabilità e il problema veniva risolto con orologi regolatori pilota. L'idea di rendere l'ora una informazione pubblica consentì un rapido sviluppo economico dell'Italia ed un profondo mutamento degli stili di vita e dei costumi. L'ora pubblica sincronizzata sull'ora universale riduce i costi privati e fornisce affidabilità e sicurezza nel coordinamento delle azioni. Infine, permette di aumentare la produttività del lavoro.

Tab. 1 Eventi in ordine cronologico

	Convenzioni e infrastrutture	Innovazioni tecniche
1833	Inizia l'invio del segnale visivo della palla del tempo di Greenwich	
1836	Un assistente dell'osservatorio di Greenwich, John Belville, porta ogni lunedì l'ora esatta ai mercati della città di Londra con un cronometro permettendo la sincronizzazione degli orologi	
1840		L'orologiaio scozzese Alexander Bain sviluppa il prototipo del primo orologio elettrico
1847	Il tempo delle ferrovie londinesi diviene quello di Londra	Jean-Paul Garnier produce il primo orologio elettrico
1850	Viene fondato l'Osservatorio Astronomico Interinale di Trieste con anche il compito di sincronizzazione dei cronometri. Viene adottata una palla del tempo presso la Lanterna	Thaddeus Winnerl (stiriano) realizza l'orologio di precisione dell'osservatorio di Parigi e numerosi prodotti per la marina
1851-52	L'orologio elettrico di Charles Shepherd viene esposto alla Great Exhibition di Londra del 1851	Il settimo astronomo di Greenwich, George Biddell Airy adotta l'orologio elettrico di Shepherd ed un sistema di orologi ricevitori, tra i quali quello pubblico esterno su 24h. Tale orologio fu anche connesso alla stazione di Lewisham ed alla rete telegrafica con segnale alle ore 10:00
1858	Fondazione dell'osservatorio astronomico di Neuchâtel per la determinazione scientifica del tempo	
1859	Le ferrovie lombarde adottano il tempo medio di Milano	

	Convenzioni e infrastrutture	Innovazioni tecniche
1861-64		L'osservatorio di Neuchâtel si dota di un regolatore di precisione di Matthias Hipp come orologio principale per una rete di orologi elettrici pubblici che si collega a Ginevra. Nel 1880 arriveranno a 67
1865		Friedrich Tiede realizza il primo orologio a pendolo di precisione in ambiente a pressione costante per l'osservatorio astronomico di Berlino
1866	L'ora di Roma diviene l'orario ufficiale per le ferrovie d'Italia, per i telegrafi, per le poste, le messaggerie ed i piroscafi postali (con l'eccezione della Sardegna, dove rimane l'ora di Cagliari, e della Sicilia con quella di Palermo)	
1870	Il governo inglese assegna a GPO (poste) il monopolio sulla trasmissione telegrafica, indirettamente sul segnale orario (con eccezione di STC)	Vienna installa orologi pubblici ad azionamento pneumatico su progetto di Mayrhofer
1871		L'osservatorio di Greenwich installa l'orologio standard realizzato da E. Dent & co., dotato di compensazione barometrica
1875-76	1876, Viene fondata la Standard Time Corporation di Londra che vendeva il segnale orario dell'osservatorio di Greenwich attraverso i fili del telegrafo, soprattutto alla borsa, alle banche e ad altre attività economiche	1875, Milano si dota di un orologio a pendolo di precisione a Palazzo Marino, regolato dagli astronomi dell'Osservatorio di Brera, trasmetteva gli impulsi, tramite cavi telegrafici, agli altri collocati nelle vie e nelle piazze. 1876 la STC inventa un sincronizzatore automatico per orologi
1878	Fondazione dell'osservatorio astronomico di Besançon su richiesta degli orologiai. Il servizio cronografico entra in servizio nel 1885	

	Convenzioni e infrastrutture	Innovazioni tecniche
1880	L'ora di Greenwich (GMT) diviene l'ora ufficiale per la legge inglese, quella di Dublino per l'Irlanda	Parigi installa delle centrali orarie con trasmissione dell'ora pneumatica agli orologi urbani
1881	Prima esposizione internazionale dell'elettricità a Parigi	Mathias Hipp sviluppa un regolatore astronomico di precisione con scappamento elettrico e in camera barica per l'osservatorio di Neuchâtel, Un secondo modello viene installato nel 1887
1883	Negli USA e Canada vengono abbandonate le 53 diverse ore ferroviarie adottate sino a quel momento e viene stabilita l'ora ferroviaria standard sulla base delle cinque fasce orarie corrispondenti ai meridiani 60, 75, 90, 105 e 120 (gli USA si estendono per 231 minuti)	Vienna organizza "l'Esposizione Internazionale dell'Elettricità" che promuove una svolta nell'uso dell'ingegneria elettrica nel settore pubblico
1883 - 91	Conferenze dei Meridiani: 1883 Roma; 1884 Washington; 1890 Parigi; 1891 Berna: conferenze geodetiche per l'adozione di un'ora universale. Fleming in USA propone di adottare i fusi orari dividendo la terra in 24 fusi sferici e prendere Greenwich come riferimento. Gli USA adottano quattro ore medie a -5, -6, -7, -8 rispetto a Greenwich	
1885		Parigi, Centrali Orarie con trasmissione dell'ora elettrica (Lepaute-Brilliè-Garnier) in competizione con i sistemi orari pneumatici sino al 1930. Invenzione del motore elettrico Ferraris, molto utilizzato negli orologi
1888	L'Ungheria adotta l'ora media a +1 da Greenwich.	
1889		Clemens Riefler brevetta (D.R. 50739) il pendolo libero a doppio ingranaggio. Il meccanismo di compensazione è ancora al mercurio
1890	Il Congresso delle strade ferrate tedesche propone di adottare l'ora basata sui fusi orari e lo raccomanda anche per gli usi civili	

	Convenzioni e infrastrutture	Innovazioni tecniche
1891	La Francia adotta l'ora di Parigi (anche per l'Algeria)	
1892	Il Belgio adotta l'ora di Greenwich	
1893	L'Italia adotta l'ora media dell'Europa Centrale CET (Greenwich+1)	Berlino adotta un sistema di orologi pubblici sincronizzati con indicazione dei secondi
1894		L'orologiaio Klumak di Vienna realizza un Pendolo di compensazione Wetzel, fornendo l'osservatorio astronomico di Trieste
1896 -97		Charles Édouard Guillaume inventa la barra del pendolo in lega di acciaio e nickel che minimizza la dilatazione riducendo la necessità di camere bariche isolate. Sigmund Riefler brevetta il pendolo compensato di acciaio al Nickel (DRP 100870)
1901		L'osservatorio di Neuchatel adotta un pendolo Riefler in sostituzione di quello di Hipp
1903		Sigmund Riefler brevetta il meccanismo di ricarica elettrico (DRP 151710)
1906 -07	Trieste, viene costruita la nuova stazione di Sant'Andrea dalle Ferrovie dell'Impero Austro Ungarico	A Brno vengono installati orologi elettrici sincronizzati via cavo tra chiesa, municipio e stazione ferroviaria
1912	La Commissione Internazionale dell'ora BIH riunitasi a Parigi, stabilisce un programma razionale di distribuzione mondiale dell'ora a mezzo delle principali stazioni radio-telegrafiche del globo, unificando i segnali orari ed assegnando alle diverse stazioni le varie ore di emissione	Vengono emessi i primi segnali orari via radio dalla torre Eiffel da un impianto prodotto da Leroy et cie Paris con un raggio di 5.000 km

	Convenzioni e infrastrutture	Innovazioni tecniche
1913		Sigmund Riefler brevetta lo scappamento a gravità (DRP 272119)
1918		Henry Ellis Warren inventa l'orologio elettrico sincrono (Ashland, MA). Questo orologio prende il tempo dalle oscillazioni della rete elettrica
1919	Sino al 1919 l'ora alla stazione di Trieste arrivava via telegrafo da Venezia, che la riceveva da Bologna e quest'ultima da Roma. Venezia si dota di un apparato ricevente per l'ora esatta	Le ferrovie tedesche, che già disponevano di un'organizzazione per segnalare giornalmente l'ora esatta a tutte le stazioni via telegrafo, installa un sistema di orologeria centralizzata in tutta la regione di Berlino
1921		Invenzione dell'orologio Shott-Synchronome, un remontoire a gravità elettromeccanica (il massimo della precisione prima dei movimenti al quarzo). L'osservatorio astronomico Brera di Milano si dota di un orologio di precisione Riefler che sostituisce quello di Hipp. Questo osservatorio trasmetteva l'ora alla stazione di Milano
1927		Installazione a Greenwich dell'orologio che deve inviare il segnale a Rugby per l'invio a tutto l'impero; è un orologio "a pendolo libero" basato su due congegni, master e slave, il secondo è comandato dal primo ed invia i segnali (per ridurre gli attriti)
1931		Milano, la nuova stazione centrale adotta una centrale oraria Siemens & Halske

	Convenzioni e infrastrutture	Innovazioni tecniche
1933	Avvio dell'ora esatta telefonica francese	
1934	Avvio dell'ora esatta telefonica olandese	
1935	Firenze, nuova stazione ferroviaria, di Santa Maria Novella. Gli orologi elettrici vengono forniti dalla ditta Belotti di Milano (con centrale oraria Bohmeyer) e dalla F.Ili Solari (orologi digitali a scatto di cifre orologi secondari)	
1936	Avvio dell'ora esatta telefonica inglese	Sistema di orologi a lettura diretta F.Ili Solari per la stazione di Firenze S.M. Novella con centrale oraria Bohmeyer
1940		Installazione centrale oraria F.Ili Solari alla stazione di Venezia S. Lucia
1942	Avvio dell'ora esatta radiofonica italiana dal Galileo Ferraris	
1949		A Rugby si aggiunge il segnalatore MSF, poi spostato in Cumbria nel 2007
1955		Il National Physical Laboratory realizza il primo orologio atomico a Londra
1959		L'orologio atomico di Braunschweig inizia ad inviare il segnale orario DCF dell'ora legale creato dal <i>Physikalisch-Technische Bundesanstalt</i> . Nel 1973 al segnale si aggiunge la data

## Bibliografia

- ▶ BARTKY, IAN, R. (1989) *The Adoption of Standard Time*, Technology and Culture, 30 (1): 25-56.
- ▶ CEVASCO, FRANCESCO (2013) *Il Falegname e la longitudine*, Mondo Nuovo, 1 (2): 20-31.
- ▶ CHURCH, R.A. (1975) *Nineteenth-Century Clock Technology in Britain, the United States, and Switzerland*, The Economic History Review, 28 (4): 616-630.
- ▶ CONRAD, SEBASTIAN (2018) 'Nothing is the way it should be': *Global transformations of the time regime in the Nineteenth century*, Modern Intellectual History, 15 (3): 821-848.
- ▶ ENGLER, EDMUND (1883) *Time-keeping in London*, Popular Science Monthly, vol. XXII, pp. 328-341.
- ▶ ERMET, JÜRGEN (2013-2019) *Präzisionspendeluhren*, 6 vol. JE Verlag, Overath.
- ▶ GALISON, PETER (2000) *Einstein's Clocks: The Place of Time*, Critical Inquiry, 26 (2): 355-389.
- ▶ GARUFFA, EGIDIO (1920) *Orologeria Moderna* (3a ed.), Milano, Hoepli.
- ▶ GAY, HANNAH (2003) *Clock synchrony, time distribution and electrical timekeeping in Britain 1880-1925*, Past & Present, n°181: 107-140.
- ▶ GIBBON, A.O. (1928) *An international time signal*, The Post Office Electrical Engineers Journal, vol. 21 (1): 9-16.
- ▶ GLASGOW, DAVID (1893) *Watch and Clock Making*, Cassel & Co., London.
- ▶ GOUDSBLOM, JOHAN (2023) *The Worm and the Clock: On the Genesis of a Global Time Regime*, Historical Social Research, 48 (1): 240-258.
- ▶ GRAF, JOHANNES (2009) *Wilhelm Foerster, Vater der Zeitverteilung im Deutschen Kaiserreich*, Amts- und Mitteilungsblatt der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Braunschweig und Berlin, 119 (3): 209-216.
- ▶ GRESSOT, JULIEN E ROMAIN JEANNERET (2022) *Determining the right time, or the establishment of a culture of astronomical precision at Neuchâtel Observatory in the mid-19th century*, Journal for the History of Astronomy, 53 (1): 27-48.
- ▶ GUINOT, B. (2000) *History of the Bureau International de l'Heure*, in S. Dick, D. McCarthy, and B. Luzum, eds. *Polar Motion: Historical and Scientific Problems* ASP Conference Series, Vol. 208: 175-184.
- ▶ HIPPI, MATHEUS (1876) *Les Horloges Électriques*. Attinger, Neuchâtel.
- ▶ HOMES, CAITLIN (2009) *The Astronomer Royal, the Hydrographer and the time ball: collaborations in time signalling 1850-1910*, British Journal for the History of Science, 42 (3): 381-406.
- ▶ HOWSE, DEREK (1980) *Greenwich Time and the Discovery of the Longitude*, Oxford: Oxford University Press.
- ▶ HUBER, BERNHARD (2019) *Ingenieur der Präzision. Pendeluhren von Sigmund Riefler*, Deutsche Gesellschaft für Chronometrie, pp.260-283.
- ▶ ISHIBASHI, YUTO (2020) *Constructing the 'automatic' Greenwich time system: George Biddell Airy and the telegraphic distribution of time, c.1852-1880*, British Journal for the History of Science, 53 (1): 25-46.
- ▶ MCCROSSEN, ALEXIS (2013) *Making Modern Times: A History of Clocks, Watches, and Other Timekeepers in American Life*, Chicago, University of Chicago Press.
- ▶ MILHAM, WILLIS I. (1947) *Time and Timekeepers. Including the History, Construction, Care, and Accuracy of Clocks and Watches*, New York, MacMillan.
- ▶ MUMFORD, LEWIS (1934) *Technics and Civilization*, Routledge & Keegan Paul, London.
- ▶ OGLE, VANESSA (2015) *The Global Transformation of Time 1870-1950*, Cambridge MA., Harvard University Press.
- ▶ PAYER, PETER (2015) *Die Synchronisierte Stadt, Öffentliche Uhren und Zeitwahrnehmung, Wien 1850 bis heute*, Holzhausen, Wien.
- ▶ RIEFLER, DIETER (1981) *Orologi a Pendolo di Precisione Riefler 1890 - 1965*, Callwey Verlag, Monaco.
- ▶ RIEFLER, SIGMUND (1902) *Das Nickelstahl-Compensationspendel*, D.R.P. No. 100870, Wolf, München.
- ▶ ROBERTS, DEREK (1986) *An Exhibition of Precision Pendulum Clocks*, Tonbridge Kent, Derek Roberts Antiques.
- ▶ ROBERTS, DEREK (2004) *Precision Pendulum Clocks: France, Germany, America, and Recent Advancements*, Schiffer Book for Collectors, Vol. 2, Schiffer.
- ▶ ROONEY, DAVID AND JAMES NYE (2009) *Greenwich Observatory Time for the public benefit: standard time and Victorian networks of regulation*, British Journal for the History of Science, 42 (1): 5-30.
- ▶ ROONEY, DAVID (2021) *I 12 Orologi che Raccontano il Mondo*, Milano, Garzanti.
- ▶ ROTENBERG, ROBERT (1992) *Time and Order in Metropolitan Vienna. A Seizure of Schedules*, Washington and London, Smithsonian Institution Press.
- ▶ SALUZ, EDUARD (2012) *Der Ingenieur als Uhrmacher – Sigmund Riefler und seine freie Federkrafthemmung*, Deutsche Gesellschaft für Chronometrie, Jahresschrift 51: 89-100.
- ▶ TIMMERMANS, STEFAN AND STEVEN EPSTEIN (2010) *A World of Standards but not a Standard World: Toward a Sociology of Standards and Standardization*, Annual Review of Sociology, 36: 69-89.
- ▶ TRIOLA, FRANCESCO (2019) *Il tempo della nazione. Aspetti definitivi e prospettive di ricerca*, Ricerche di Storia Politica, (2): 221-232.
- ▶ TROMBETTA, ROBERTO (2018) *Il Tempo nei Treni. Orologi Ferroviari Italiani*, Imola, Atlante.
- ▶ WOLF, CHARLES (1902) *Histoire de l'Observatoire de Paris, de sa fondation à 1793*, Paris, Gauthier-Villars.
- ▶ ZERUBAVEL, EVIATAR (1982) *The Standardization of Time: A Sociohistorical Perspective*, American Journal of Sociology, 88 (1): 1-23.

## Sitografia

- ▶ [www.rmg.co.uk/stories/topics/greenwich-mean-time-gmt](http://www.rmg.co.uk/stories/topics/greenwich-mean-time-gmt)





Interno  
dello stabilimento  
F.lli Solari anni '20.  
(Foto: Archivio  
Antonelli)

parte  
prima

LA STORIA E LA TECNOLOGIA  
DELLA SINCRONIZZAZIONE  
DELL'ORA

# PESARIIS – EUROPA, DAL TEMPO LOCALE AL TEMPO NAZIONALE: IL CONTRIBUTO DELLA F.LLI SOLARI ALLA MODERNIZZAZIONE TECNOLOGICA ITALIANA

Alceo Solari, responsabile culturale AOP

Questo intervento si prefigge di illustrare come la F.lli Solari di Pesariis si inserisce nel mondo della sincronizzazione del tempo. Si sbaglia chi pensa che il paesino carnico nell'Ottocento si trovasse in posizione marginale, al contrario, era al centro del mondo e delle dinamiche tecnologiche innovative. La cultura legata alle emigrazioni che per secoli avevano interessato il piccolo borgo come l'intera Carnia, aveva generato una visione del mondo reale di ampi orizzonti. Alcuni dei suoi abitanti, come Giovanni Battista Solari, viaggiavano da Spalato a Parigi senza difficoltà con i mezzi dell'epoca. È importante capire qual'era la domanda di mercato relativa all'orologeria ai primi del '900 e come si prospettò l'evoluzione delle tecnologie che portarono alla realizzazione dei sistemi di centralizzazione del tempo nel Dopoguerra.

## 1. La sincronizzazione del tempo nelle stazioni e nelle città

La storia delle centrali orarie per le ferrovie iniziò nel 1910 quando la ditta *Normal Zeit GmbH* installò la prima centrale oraria ferroviaria alla stazione di Berlino. Si tratta dello stesso tipo di impianto che la F.lli Solari realizzerà per la stazione di Venezia nel 1940. Per comprendere il contesto in cui si colloca la storia orologiaia di Pesariis è importante accennare ad altre due installazioni significative. La prima si riferisce all'orologio della *Gare de Lyon* di Parigi (fig.1). Si tratta dell'orologio realizzato da *Paul Garnier* nel 1900 che comanda le lancette dei grandi quadranti trasparenti sulla torre della stazione. Ha dei quadranti di larghezza di 6,5 metri e cifre orarie di 1 metro di altezza. La lancetta dei minuti pesa 38 kg e quella delle ore 14 kg. L'orologio pilota comanda elettricamente i 4 orologi ricevitori grazie a delle elettrocalamite. Paul Garnier è stato uno dei precursori di questa tecnologia ed è una figura importante che ritroveremo collegata con la storia dei F.lli Solari. La seconda si trova nella stazione di Milano (fig.2)



dove la ditta Siemens installò la prima centrale oraria nel 1930. Si tratta di due fasi fondamentali dell'evoluzione della tecnologia di sincronizzazione oraria del '900.

Un secondo mercato fondamentale della sincronizzazione del tempo è quello degli orologi urbani. Berlino costituisce una società dal nome *Urania* che installa gli orologi sincronizzati della *Normal Zeit*. A Vienna, invece, avviene un'evoluzione con il passaggio dal sistema di trasmissione dell'ora pneumatico del 1870 a quello elettrico prodotto dalla *Schauer*. Anche questa ditta sarà importante per il collegamento con la F.lli Solari.

Le tecnologie applicate a questi sistemi orari partono da conoscenze scientifiche precedenti come la pila, già inventata nel 1800 da Alessandro Volta e, soprattutto, l'elettrocalamita che si basa sulla scoperta del solenoide di Ampère nel 1820 e che William Sturgeon nel 1825 concretizzò nel primo elettromagnete. L'elettrocalamita, infatti, attraverso delle bobine e dei magneti, consente di azionare i meccanismi del movimento degli orologi grazie ad impulsi elettrici inviati a distanza.



Fig.1  
Torre dell'orologio  
della Gare de Lyon,  
Parigi.



Fig.2  
Stazione di Milano.  
(Fonte: Archivio  
Istituto Luce)

## 2. La crescente necessità dell'ora esatta ed i primi orologi elettrici

In Europa alla fine dell'Ottocento, avere l'ora esatta diveniva sempre più importante. Le persone a Parigi nel 1867 si recavano presso l'Osservatorio Astronomico attendendo il segnale del mezzogiorno. Anche a Vienna i cittadini si lamentavano di avere orologi non sincronizzati. Per questo si recavano direttamente a leggere l'ora dell'Osservatorio gestito dalla società Urania, la stessa che operava a Berlino.

Tra i primi orologi regolatori elettrici ci sono quelli realizzati da Hipp nel 1843. Utilizzano un sistema che consente al pendolo di essere sia l'unità di precisione, sia il meccanismo di trasmissione degli impulsi a distanza (fig.3.1).

Paul Garnier nel 1847 inventa il primo orologio a carica elettrica. Utilizza l'elettricità per ricaricare il motore a pesi e per alimentare un meccanismo di trasmissione dei segnali a distanza. Questa configurazione diverrà il modello per tutti gli orologi regolatori sino agli anni '60 del '900 (fig.3.2).

### Le prime applicazioni elettriche agli orologi:

#### Fig.3.1 MATTHEUS HIPP 1842

Le oscillazioni del pendolo bilanciante sono mantenute direttamente da mezzi elettromagnetici ed il corpo degli ingranaggi è un semplice contatore di oscillazioni.

#### Fig.3.2 PAUL GARNIER 1847

L'energia motrice carica periodicamente un peso che aziona un classico orologio meccanico.

La forza ottenuta è perfettamente costante e assicura la regolazione perfetta dell'orologio regolatore.

Il bilanciante è sia motore che regolatore dell'orologio.





**Fig.4**  
Le apparecchiature per l'invio del segnale orario dell'Osservatorio Astronomico di Brera.

*Envoi de l'heure à distance par fil ou T. S. F.*



**Fig.5**  
L'invio del segnale orario dalla Torre Eiffel. (© Osservatorio di Parigi)

Per ottenere orologi precisi, è fondamentale per gli orologiai ricevere il segnale trasmesso dagli osservatori astronomici. Un importante ruolo nel fornire l'ora esatta a Milano ed alle sue ferrovie è stato ricoperto dall'Osservatorio Astronomico di Brera (fig.4).

L'Osservatorio Astronomico di Parigi è stato storicamente molto importante perché attorno ad esso si svilupparono diversi servizi. Nel 1912 fu creato, e dal 1919 è attivo, il *Bureau International de l'Heure* che si occupa di unificare le misure dell'ora universale. Questo riceveva le misure orarie esatte da 20 osservatori e ritrasmetteva l'ora esatta. Qui Guillaume Bigourdan (1851-1932), astronomo dell'Osservatorio di Parigi, sperimenta la trasmissione dei segnali orari grazie ad una stazione radiotelegrafica a distanza. La prima prova fu realizzata il 27 giugno del 1904 su una distanza di 2 km. Poi, il 23 maggio 1910 iniziò a funzionare regolarmente la trasmissione del segnale orario dall'osservatorio astronomico che era irradiato dalla Torre Eiffel a tutta Europa in un raggio di 5.000 km (fig.5). La trasmissione consisteva in un segnale orario inviato a mezzanotte, al quale, dal 21 novembre dello stesso anno, si aggiunse quello delle 11:00. Quindi ferrovie, navi e poste potevano ricevere sin dal 1910 l'ora ufficiale internazionale sotto la responsabilità del *Bureau International de l'Heure*. Tale segnale veniva ricevuto anche dalle Ferrovie italiane a Roma e trasmesso alle varie stazioni.

### 3. Le centrali orarie

La centrale oraria è fondamentalmente composta da due orologi regolatori. Quello principale è di grande precisione, mentre quello secondario interviene solo in caso di malfunzionamento del primo. Inoltre, la centrale contiene una serie di congegni che permettono di inviare il segnale orario a tutta una serie di orologi ricevitori disposti in diversi luoghi. La centrale può avere diverse linee di uscita del segnale e sono state prodotte centrali che potevano comandare diverse centinaia di orologi ricevitori in luoghi molto distanti. Un esempio significativo è rappresentato dalla centrale oraria *Normal Zeit* installata nel 1910 nella stazione ferroviaria Berlino (fig.6). La F.lli Solari costruì ed installò nel 1940 la sua prima centrale oraria per la rinnovata stazione di Venezia S. Lucia (fig.7). Questa centrale è stata recentemente restaurata ed esposta presso la stazione. Anche questa centrale si basa su un rego-

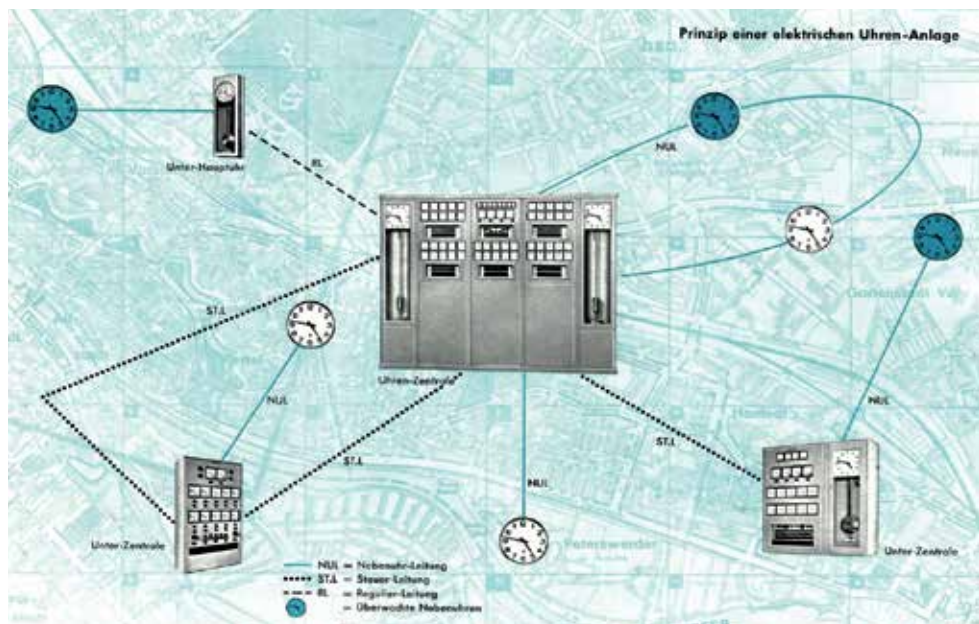


Fig.6  
Schema  
di funzionamento  
della centrale oraria  
*Normal Zeit* del 1910  
di Berlino.



Fig.7  
Centrale oraria  
prodotta ed installata  
dalla F.Ili Solari  
nel 1940 alla  
stazione ferroviaria  
di Venezia S. Lucia.  
(Foto: Andrea Moro)

latore di elevata precisione, con pendolo Riefler, sulla sinistra, e di un regolatore con pendolo normale in legno di qualità, di produzione interna, posto a destra. Quest'ultimo interviene solo in caso di malfunzionamento dell'orologio principale. Al centro sono visibili tutti gli indicatori delle linee di uscita che permettono di controllare più di duecento orologi e orologi registratori di eventi della stazione di S. Lucia e di quella di Marghera a qualche chilometro di distanza.

#### 4. Il contributo di Giovanni Battista Solari e del figlio Giovanni

La Camera di Commercio di Udine organizzò una missione all'Esposizione Internazionale di Parigi nel 1867. Tra gli imprenditori delegati vi era Giovanni Battista Solari (1825 Pesariis-1879 Parenzo), titolare dell'omonima ditta produttrice di orologi. Alla fine della visita Solari compila una relazione sulle novità dell'arte orologiaia mondiale dove presenta tutte le novità del settore e mette in evidenza quali sono quelle più importanti per il futuro sviluppo della ditta di Pesariis. Vi si trovano dei riferimenti a Paul Garnier che per primo aveva costruito un sistema automatico di ricarica del peso, che consente di mantenere il bilanciere libero, garantendo una più elevata precisione, e fornisce la

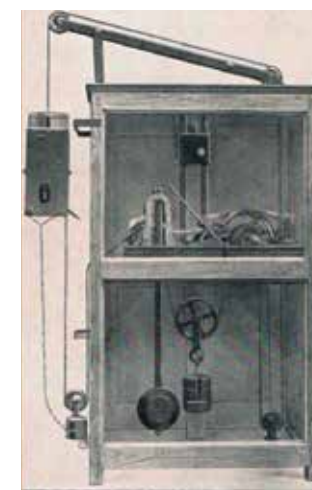


Fig.8  
Novità tecniche di Paul Garnier e Lepaute Parigi 1867 (Meccanismo di ricarica)  
Ditta Garnier, dispositivo "remontoire" per rinnovare la forza motrice tramite ricarica elettrica del peso. Ditta Lepaute, pendolo compensato; impulso dell'orologio da movimento ad un globo terrestre il quale fa la sua regolare rotazione.

possibilità di trasmettere il segnale del tempo a distanza (fig.8). In secondo luogo, Giovanni Battista Solari nota il *dispositivo elettromagnetico di Stanisla0 Tournier di Nuova Orleans*. Nel suo "rapporto dell'Esposizione Internazionale di Parigi del 1867" scrive:

"Rimasi molto sorpreso nel vedere il bel congegno di far battere le ore ed i quarti da grossi battenti mediante il *filo eletro magnetico*, nelli Orologi del *Sig.r Tournier* di Nuova Orleans. Per conoscere questo congegno io mi applicai con tutto lo studio, e di fatti quello che trattasi di meccanismo l'ho bene impresso nella mia mente, *mi sono però necessari di fare degli studi dettagliati sulla applicazione e forza dei fili elettrici*. Devo poi dichiarare che questi vantaggi reali porteranno nella mia Officina delle grandi innovazioni e riforme nel ridurre più semplice e più preciso il meccanismo dei miei Orologi, e specialmente per il vantaggio di rendere i *Pendoli a compensazione, e li Scappamenti indipendenti dal peso principale*. (estratto dal rapporto scritto per la CCIAA)"

Si dichiara quindi particolarmente interessato al meccanismo di comando elettrico della suoneria degli orologi da torre. Inoltre, si dice intenzionato ad approfondire la nuova tecnologia elettrica e le sue applicazioni all'orologeria. Comprende che la possibilità di comandare meccanismi a distanza grazie agli elettromagneti porterà grandi cambiamenti nel modo di realizzare orologi. Scopre che sono stati realizzati progetti avanzati con pendoli a compensazione per neutralizzare gli effetti delle variazioni di temperatura e scappamenti indipendenti dal peso principale, che significa ottenere orologi sempre più precisi. Capisce quindi che il mondo delle sue produzioni sta cambiando a causa dell'evoluzione tecnologica.

Giovanni Battista Solari si occupava sia della vendita che della ricerca ed operava molto in Dalmazia dove installò centinaia di orologi da torre. Infatti, quando si recò a Parigi, partì direttamente da Spalato. Questo ci fa capire la mobilità e l'apertura culturale dell'orologiaio di Pesariis, che aveva una visione imprenditoriale estremamente aperta. Capiva che il mercato orologiaio era ampio e soggetto a cambiamenti tecnologici che andavano individuati là dove si originavano e poi compresi e padroneggiati. Un'ulteriore conferma della cultura dell'innovazione di questo imprenditore è data dal fatto che suo figlio Giovanni, ufficialmente anche lui Giovanni Battista (Pesariis 1864 - Pesariis 1930) a 14

anni, tra il 1878 e il 1884, fu inviato a svolgere l'apprendistato presso un orologiaio di Vienna (Fischer, 1882). In questo periodo a Vienna nascono le prime realizzazioni cittadine della sincronizzazione del tempo. Giovanni poté partecipare anche alla Esposizione Elettrica Internazionale del 1883 dove furono presentate le nuove tecnologie legate all'elettricità ed in particolare le loro applicazioni agli orologi (fig.9).

In questa occasione poté conoscere la ditta dell'ing. Emil Schauer, fondata nel 1839 per la produzione di orologi da torre e che in quel periodo rinnova con la produzione di nuovi regolatori elettromeccanici (fig.9). Questa ditta viene scelta come fornitore dei tipici orologi cubici nella città di Vienna. Essi forniscono l'ora esatta e sincronizzata tramite un orologio regolatore a trasmissione di impulsi. A fine Ottocento la ditta *Schauer* installa anche un orologio da torre meccanico nel palazzo della Borsa di Trieste. Questa esperienza permetterà a Giovanni di avere rapporti con il mondo tedesco ed austriaco e di impostare il rinnovamento tecnologico dell'azienda Solari sulle linee di quanto avveniva in tale contesto. Ciò richiese un cambiamento di materiali e di tecnologie produttive che determineranno il rinnovamento delle produzioni pesarine di fine Ottocento ed inizio Novecento. Anche Giovanni continuò i viaggi del padre in Dalmazia spingendosi fino alle Bocche di Cattaro. Tra le sue carte è stato trovato



Fig.9  
Manifesto  
dell'esposizione  
internazionale  
di elettricità  
di Vienna del 1883  
ed un regolatore  
Schauer.

un dizionario della lingua Slovena, che cercò di imparare, oltre al tedesco che già conosceva, per poter costruire nuove relazioni commerciali lungo le coste dalmate. L'apertura al nuovo e lo spirito di adattamento erano elementi culturali tipici dei carnici. Risulta fondamentale il momento in cui la F.lli Solari introdusse l'energia elettrica nei processi produttivi. La principale difficoltà nello sviluppo delle nuove tecnologie elettriche era l'indisponibilità di questa forma di energia. All'epoca non esisteva la rete elettrica e l'energia per far lavorare i macchinari era l'energia idraulica trasmessa meccanicamente dal mulino sul rio Possâl attraverso una serie di meccanismi e cinghie. Nel 1919 la F.lli Solari realizzò un suo impianto di generazione di energia elettrica grazie ad una turbina *Francis* azionata dalla conduttura forzata dell'acqua del rio Possâl. Qualche anno dopo fu sostituita da una più potente turbina *Pelton* da 70 kw. L'energia così ottenuta consentì di introdurre motori elettrici per azionare i macchinari, aumentando la loro potenza e la precisione delle lavorazioni. D'altra parte, la disponibilità di energia consentì anche di mettere a punto e far funzionare orologi elettrici.

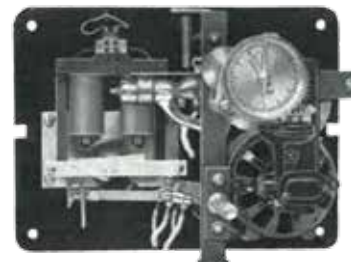
### 5. L'elettrificazione della produzione della F.lli Solari

Le prime applicazioni dell'energia elettrica vengono eseguite per automatizzare gli orologi da torre, che erano ancora la principale produzione di Pesariis. Viene applicato un motore Magneti Marelli per la ricarica automatica dei pesi (fig.10). Inoltre, viene ag-

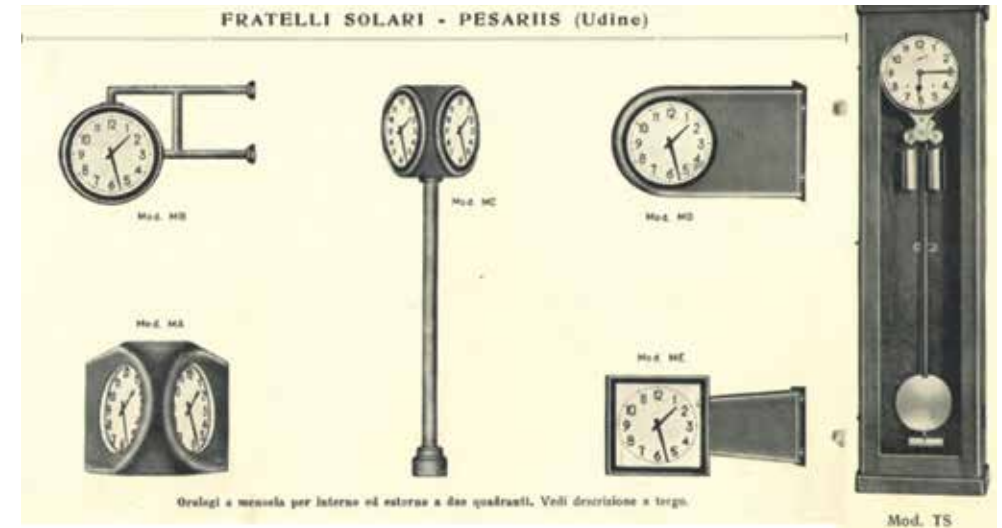
**Fig.10**  
Produzioni innovative della F.lli Solari che applicano l'elettricità e l'elettromagnetismo negli anni '20 e '30. Il ricevitore fu brevettato nel 1939. (Bollettino della proprietà intellettuale, luglio 1939)



Ricarica automatica dei pesi.  
Trasmettitore di impulsi per azionare i quadranti.



Ricevitore di impulsi con dispositivo servomotore per azionare le lancette dei quadranti di grandi dimensioni.



**Fig. 11** Regolatore elettrico (a dx) e orologi ricevitori per luoghi pubblici (a sx). (Catalogo F.lli Solari 1950)

giunto un meccanismo per la trasmissione a distanza del segnale orario per comandare altri orologi. Successivamente viene prodotto un movimento ricevitore, cioè che riceve gli impulsi dal regolatore e aziona le lancette grazie ad un servomotore. Questo consente di azionare le lancette di orologi di grandi dimensioni come quelli da torre o delle stazioni ed altri luoghi pubblici. Le generazioni successive rinnovano la formazione tecnica, con tuttavia un cambiamento di orientamento a causa della cesura con le regioni austro-slave alle quali ci si riferiva precedentemente alla Prima Guerra Mondiale. Nel periodo 1905-1930 avviene la formazione dei nipoti più anziani di Giovanni, Remigio e Remo Solari, il cui padre muore giovane nel 1912. Durante la guerra 1915-18 Remigio presta servizio presso il Pirotecnico di Bologna dove viene a contatto con nuove e diverse tecnologie. Nel periodo 1915-1930 avviene anche la formazione di Ugo e Alfeo Solari che nel periodo 1916-17 lavorano presso Giovanni Farina, poi meglio conosciuta come Pininfarina, sempre su produzioni di guerra. Ciro, figlio di Giovanni, invece non approfondisce la formazione tecnico-produttiva lamentandosi che lo mettono a fare i lavori peggiori e successivamente si dedica all'attività commerciale. Durante la Prima Guerra presta servizio come responsabile degli strumenti di bordo del dirigibile del gen. Nobile. All'interno della F.lli Solari Remigio Solari assume quindi il ruolo di responsabile tecnico dello sviluppo dei nuovi prodotti. Realizza gli orologi regolatori con trasmissione di impulsi e gli orologi ricevitori che vengono installati soprattutto nelle stazioni ferro-

viarie (fig.11). Realizzò soprattutto una serie di orologi digitali con diverse tecnologie, tra i quali si annoverano quelli a scatto di cifre che lo resero famoso (fig.12). Si tratta di orologi monumentali di grandi dimensioni per i quali Remigio concepisce una serie di meccanismi elettromeccanici innovativi. Vi sono orologi a scatto di cifra, detti "a palette", orologi con quadranti retroilluminati e "saltarelli" basati su dischi rotanti (fig.12). Sono i primi esempi di orologi digitali prodotti per i luoghi pubblici e vengono concepiti in stretta collaborazione tecnica con l'ufficio studi delle Ferrovie. L'ing. Piccini nel 1938-39 illustra in questo modo l'impianto della stazione di Firenze S.M. Novella:

"Avevano un disegno moderno («stile 900»), e due di essi anche grandi dimensioni – misuravano infatti «l'uno m. 2.25, l'altro 2.40 di lunghezza»

- *a pale e scatto di numeri*, articolati in due modelli: uno, da collocare su una facciata esterna dell'edificio, aveva doppio quadrante e forma ad angolo, e l'altro, destinato alla sala biglietti, forma rettangolare; ambedue funzionavano a «scatto dei numeri ad ogni minuto e con funzionamento a pale di modo che tanto per le ore che per i minuti non sono visibili che i numeri dell'ora e del minuto che passa»;
- *a disco*, da collocare nel buffet di prima e seconda classe, con le sfere sostituite «da un disco circolare per le ore e di un settore di circolo pei minuti»;
- *a termometro*, destinati alle sale d'aspetto di prima e seconda classe, avevano un quadrante circolare con «sessanta caselle - dei minuti - in ognuna delle quali si accende progressivamente una lampadina elettrica formando una striscia luminosa crescente. Al sessantesimo minuto tutte si spengono per lasciare accesa quella dell'ora situata in altra casella concentrica e riprende l'accensione quella che indica il primo minuto dell'ora seguente; così per le ore ad ogni sessanta minuti» (descrizione degli ing. Piccini e Tosi delle Ferrovie dello Stato, 1938-39)."

Nello stesso periodo (fine anni '30) si realizza a Pesariis la prima centrale oraria. La centrale governa una serie di orologi che possono essere analogici o digitali a lettura diretta (fig.13). La centrale invia il segnale orario anche ai registratori di eventi, orologi che diverranno una importante produzione per la F.Ili Solari nel Dopoguerra. Un'importante novità è costituita dalle batterie che alimentano la centrale e tutto il sistema di cavi elettrici permet-

**Nella pagina accanto**  
**La stazione S.M.**  
**Novella di Firenze**  
**negli anni '30.**  
**(Foto: [www.](http://www.artielettere.it)**  
**[artielettere.it](http://www.artielettere.it))**





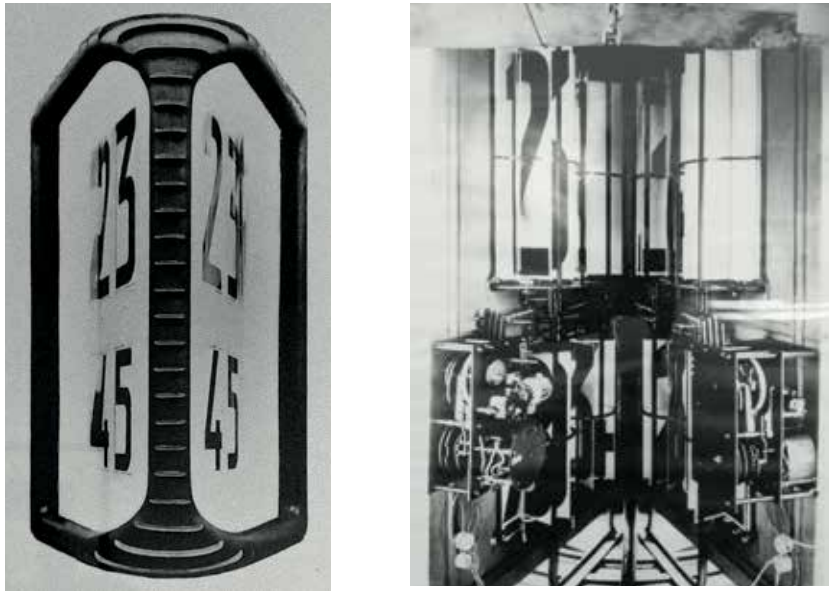


Fig.12  
Orologi digitali,  
esterni e interni  
della stazione  
S.M. Novella  
di Firenze, 1936.  
(Foto: Archivio  
Luigi Monaci)

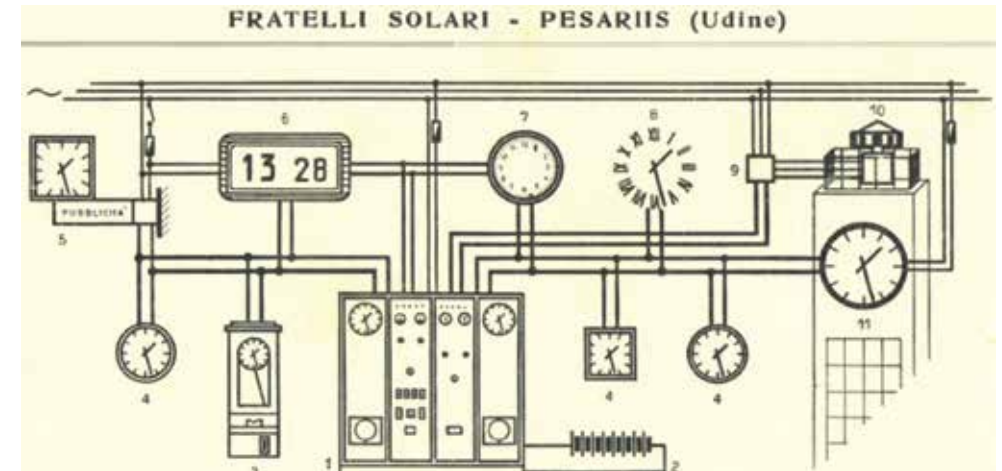


Fig.13  
Schema di sistema  
di orologi sincronizzati  
alla centrale oraria,  
(Catalogo F.Ili Solari  
1950)

tendo la sincronizzazione degli orologi ricevitori (punto 2, fig.13). Le maggiori centrali orarie delle Ferrovie Italiane riuscivano a pilotare sino a 500 orologi.

Per queste unità centrali il capitolato delle Ferrovie prevede l'impiego del pendolo Riefler nell'orologio regolatore principale per compensare le dilatazioni, con ricarica elettrica automatica. Quindi anche la F.Ili Solari nelle sue centrali orarie adotta il pendolo Riefler sul regolatore principale.

Questa tecnologia elettromeccanica rimane sostanzialmente inalterata sino alla fine degli anni '60. In seguito, il pendolo come sistema di regolazione del tempo viene eliminato con l'adozione dei piloti elettronici di dimensione molto più contenuta. L'ing. Sisto Solari progettò l'orologio "Pilot" alla fine degli anni '60 e il design è stato realizzato dallo studio Chiggio di Padova. Si tratta del primo orologio elettronico della F.Ili Solari (fig.14). La scheda elettronica oltre a gestire la base del tempo governa tutte le linee di uscita del segnale che viene inviato a seconda delle linee ogni 7,5", ogni 30" o ogni 60" per comandare apparecchi differenti. Questo orologio ebbe un ottimo successo e sostituì progressivamente le centrali orarie.

## 6. La F.Ili Solari fornitore ufficiale delle Ferrovie e la figura di Ciro Solari

Va sottolineato che Ciro Solari assume un ruolo fondamentale sia per la costituzione della società F.Ili Solari, sia nella riconversione produttiva e commerciale tra le due guerre. Gli orologi da torre

hanno una domanda in forte calo, mentre si sviluppano i sistemi centralizzati di orologeria per le Ferrovie ed altre istituzioni. Inoltre, per motivi geo-politici le regioni dalmate, tradizionale sbocco commerciale, non sono più un mercato raggiungibile. Ciro è colui che riesce a riposizionare la produzione della F.Ili Solari abbandonando il contesto Mitteleuropeo.

La società si era costituita come società di fatto con atto del 1.12.1919. Dopo la morte di Giovanni Solari, Ciro la trasforma in società in nome collettivo il 2.3.1934, ripartendo le quote tra cugini in proporzione all'apporto di competenze e mezzi. A causa di tensioni sulla conduzione della società, nel 1940 si tiene una licitazione vinta da Ciro, Alfeo e Alceo che liquidano gli altri cugini (tra i quali Remigio e Fermo). La società viene poi trasformata in società per azioni il 5.9.1953. Ciro si dedica alle attività amministrative e commerciali. Dopo la morte del padre nel 1930, apre un ufficio commerciale a Udine per meglio sviluppare i contatti con i possibili clienti. Vi è quindi una divisione di compiti tra Remigio, responsabile tecnico, e Ciro, responsabile commerciale - figure precedentemente non sdoppiate ed accentrate in una sola, quella di Giovanni Solari.

Remigio si dedica alla progettazione dei nuovi prodotti per gli impianti di orologeria come gli orologi regolatori ed i ricevitori. Sono presenti sul mercato italiano i prodotti Siemens (distribuiti dall'Ora Elettrica), Bohmeyer (distribuiti dalla ditta dell'ing. Bellotti di Milano) e Burk (distribuita da Capelli). Ciro si occupa dei rapporti con queste ditte e, soprattutto, con la ditta Boselli di Milano. Infatti, assieme alla Boselli la F.Ili Solari diviene fornitrice ufficiale delle Ferrovie dello Stato. In questo periodo le Ferrovie investono molto per

recuperare il ritardo tecnologico infrastrutturale e favoriscono la sostituzione dei produttori stranieri con fornitori nazionali innovativi. In questo contesto nascono i primi prototipi realizzati da Remigio nella F.Ili Solari, alcuni dei quali brevettati, e che sono oggetto della divisione nel 1940. Le relazioni con le Ferrovie per la fornitura di orologi elettrici si accrescono per i rapporti diretti instaurati tra Ciro e l'ing. Piccini dell'ufficio progettazione delle Ferrovie dello Stato di Roma. L'ing. Piccini, una volta andato in pensione, diventa il rappresentante della F.Ili Solari presso le Ferrovie dello Stato. Questi rapporti intessuti da Ciro spiegano lo sviluppo dell'orologeria elettromeccanica della F.Ili Solari negli anni 1930-1950.

#### Bibliografia

- ▶ FISCHER, A. (1882) *Aus dem Jahresberichte der Fachschule der Wiener Uhrmacher-Genossenschaft*, Oesterreichisch-ungarische Uhrmacher-Zeitung, 1 (12) venerdì 1 settembre, pp.144 -145.
- ▶ PICCINI, P. (1938) *L'impianto degli orologi elettrici nella nuova stazione di Firenze S.M.N.*, Tecnica Professionale, 6 (10) pp. 225-229.
- ▶ PICCINI, P. (1938) *L'impianto degli orologi elettrici nella nuova stazione di Firenze S.M.N.*, Tecnica Professionale, 6 (11) pp. 252-254.
- ▶ PICCINI, P. (1939) *L'impianto degli orologi elettrici nella nuova stazione di Firenze S.M.N.*, Tecnica Professionale, 7 (2) pp. 35-37.
- ▶ PICCINI, P. (1939) *L'impianto degli orologi elettrici nella nuova stazione di Firenze S.M.N.*, Tecnica Professionale, 7 (5) pp. 107-110.
- ▶ PICCINI, P. (1939) *L'impianto degli orologi elettrici nella nuova stazione di Firenze S.M.N.*, Tecnica Professionale, 7 (6) pp. 129-132.
- ▶ PICCINI, P. (1939) *L'impianto degli orologi elettrici nella nuova stazione di Firenze S.M.N.*, Tecnica Professionale, 7 (7) pp. 148-150.
- ▶ SOLARI, GIOVANNI BATTISTA (1867) *Rapporto della Esposizione Universale di Parigi del 1867 di me Giovanni Solari di Pesariis fabbricatore di orologi*, Archivio di Stato di Udine, Provincia di Udine, Archivio della Deputazione, B. 915, f. 6 (1867-1879) 12.10.2022 - a cura di Adelchi Puschiassi, [www.alteraltogorto.org](http://www.alteraltogorto.org)
- ▶ TOSI, ERNESTO (1940) *La registrazione delle manovre degli apparecchi di segnalamento e di blocco*, Tecnica Professionale, 8 (2) pp. 17-43.



**Fig.14**  
**Il Pilot, il primo**  
**orologio pilota**  
**elettronico**  
**che sostituì le centrali**  
**orarie nel 1969.**  
**(Catalogo F.Ili Solari,**  
**1970)**

## LA BATTAGLIA PER LA SINCRONIZZAZIONE DELL'ORA IN AMBITO URBANO. IL CASO DI VIENNA

Peter Payer, *conservatore del Museo della Tecnologia di Vienna*  
(Traduzione di Stefano Solari)

A partire dalla metà del XIX secolo, il numero degli orologi pubblici aumenta costantemente. In particolare, le grandi città, che erano organizzate in modo sempre più complesso, sono state le pioniere nella visualizzazione pubblica dell'ora. Alla fine del XIX secolo, Vienna, capitale imperiale e città residenziale, contava già circa 70 orologi pubblici. La maggior parte di essi si trovava sui campanili delle chiese, sulle facciate dei municipi, delle stazioni ferroviarie e di altri edifici importanti; alcuni erano anche allestiti come enormi orologi posti su colonne. A Vienna, il punto simbolico di osservazione dell'ora era la Cattedrale di Santo Stefano. Rappresentava il tradizionale "regolatore della vita quotidiana", dotata di numerosi orologi di differenti tipologie. Nel 1884, ad essa si aggiunse una controparte secolare con la realizzazione del nuovo municipio, la cui torre era dotata anche di quattro orologi visibili da lontano. Oltre che sulle chiese parrocchiali dei singoli quartieri, altri orologi si trovavano nell'Hofburg, presso la sede dei vigili del fuoco, nelle stazioni ferroviarie e negli uffici pubblici, nelle caserme, nei luoghi di intrattenimento e persino nelle stazioni meteorologiche, nei parchi e negli spazi verdi. Tutti questi orologi avevano una cosa in comune: provocare continue lamentele sulla loro imprecisione. La "misera dell'orologio viennese" era quasi proverbiale e ha dominato per decenni le discussioni sulla misurazione del tempo pubblico. Un problema che aveva un impatto molto diretto sulla vita di tutti i giorni perché gli orologi pubblici consentivano alle persone di regolare i propri orologi.

In considerazione di questa situazione, dannosa per l'immagine di questa metropoli emergente, il dipartimento degli orologi dell'Ente per l'Edilizia della Città di Vienna fu incaricato, insieme alla rinomata fabbrica di orologi "Ing. Emil Schauer", di sviluppare un sistema di orologi completamente nuovo,



azionato elettricamente. Questo avrebbe dovuto soddisfare due criteri particolari: garantire l'ora esatta ed essere chiaramente visibile ai passanti da tutti i lati.

Alla fine di agosto 1907 giunse il grande momento: il primo prototipo fu installato su un palo della luce all'incrocio tra Opernring e Kärntnerstrasse ad un'altezza di circa sette metri. Oltre all'azionamento elettrico c'erano altre innovazioni da sottolineare: i quattro quadranti rotondi non avevano numeri, ma piuttosto punti o linee di diverse dimensioni che segnavano le divisioni dei minuti. Accurati esperimenti del dipartimento di orologeria avevano dimostrato che la leggibilità di questa soluzione era assolutamente sufficiente anche a distanza. E i quadranti retroilluminati e trasparenti erano straordinariamente leggibili anche di notte. L'orologio vero e proprio (orologio madre) era alloggiato nella colonna più vicina del cartellone pubblicitario sulla Ringstrasse, da dove mediante impulsi elettrici controllava i movimenti delle lancette nella cassa a forma di cubo. In caso di interruzione di corrente, era assicurata una riserva di marcia di dodici ore, che avrebbe riportato l'orologio secondario all'ora corretta al ripristino della corrente. La reazione del pubblico fu abbastanza positiva. I quotidiani sottolineavano con orgoglio come si trattasse del "primo orologio stradale elettrico di Vienna". Elogiarono il suo ingombro ridotto e il fatto che "non occupasse spazio sulle strade". La nuova divisione delle ore fu spiegata dettagliatamente ai lettori, che espressero la soddisfazione di "poter leggere facilmente le ore sia di giorno che di notte".

Le prime esperienze furono così convincenti che presto il comune fece allestire altri esemplari: sulla *Mariahilfer Belt* vicino alla *Westbahnhof* (1910), sullo *Schottenring* (1913) e sul *Rudolfsheimer Markt* (*Schwendermarkt*, 1915). Per ragioni estetiche e di resistenza alle intemperie tutti i modelli avevano una cassa a forma di cubo con gli angoli smussati: così nacque il moderno orologio a forma di cubo.

Tuttavia, il fatto che gli orologi viennesi indicassero orari costantemente diversi era dovuto anche al fatto che in città non esisteva ancora un orario ufficiale standardizzato e che gli orari locali differivano leggermente. Si trattava di un problema fondamentale che si era rivelato estremamente fastidioso anche in altre regioni. Già nell'ottobre del 1884, in una conferenza internazionale a Washington D.C., la terra era stata divisa in 24 settori orari e il meridiano di Greenwich era stato assunto come



**Fig.1**  
**Orologio**  
**pubblico cubico**  
**nella Spitalgasse,**  
**angolo Währinger**  
**Straße, 1952.**  
**(Collezione**  
**Peter Payer)**

primo meridiano di riferimento. Tuttavia, l'introduzione dell'ora dell'Europa centrale (CET), rilevante per le nostre latitudini, richiese ancora alcuni anni. Mentre il CET fu sancito dalla legge in Germania (e in Italia) nel 1893 (ora noto come "orario standard"), esso non fu introdotto a Vienna fino al 1 maggio 1910. In tale data, gli orologi furono spostati indietro di 5 minuti e 19 secondi, cosa che, come benevolmente notò l'amministrazione comunale, avvenne senza problemi in tutto il territorio comunale. Le ultime differenze dovute all'ora locale erano state eliminate e Vienna aveva raggiunto il resto del mondo. La prima grande fase di espansione degli orologi cubici iniziò dopo la Prima Guerra Mondiale. Il presupposto tecnico per questo sviluppo era una sufficiente disponibilità di energia elettrica, un problema che fu affrontato con decisione negli anni '20 e '30. Alla fine del 1938 si contavano già 37 orologi cubici sparsi in tutta Vienna. Il loro design è rimasto invariato nel tempo. I quadranti sono stati anche decorati con scritte pubblicitarie. L'azienda costruttrice e la città di Vienna sono associate al marchio distintivo "Ing. Emil Schauer" o semplicemente "Schauer" o "ora standard" con lo stemma della città. Il riferimento al "tempo standard" era importante in quanto garantiva la correttezza e l'accuratezza dell'indicazione dell'ora.

L'orologio cubico divenne un'icona della modernità, rappresentando una maggiore fiducia in se stessa della città e la crescente accelerazione della vita urbana quotidiana. Un pezzo simbolico di arredo urbano all'avanguardia dei tempi. Gli orologi pubblici rappresentarono anche importanti strumenti di fiducia sociale, cosa che fu particolarmente importante nella "Vienna Rossa", che divenne uno Stato federale autonomo nel 1922 e che da allora in poi fu sempre governata dai socialdemocratici. Questi orologi hanno quindi assicurato identità e ordine. Alla fine della Seconda Guerra Mondiale tutti gli orologi pubblici erano danneggiati e messi fuori servizio. Poterono essere riparati solo con grande lentezza. Nel 1948 fu finalmente possibile realizzare un sistema centralizzato di controllo degli orologi grazie alla rete via cavo dei Vigili del Fuoco di Vienna e inoltre si installarono nuovi orologi cubici. Il numero aumentò gradualmente nei decenni successivi fino a raggiungere il picco di 78 orologi cubici nel 1980. La precisione dell'indicazione dell'ora è aumentata costantemente con lo sviluppo tecnologico. Nel 1971 fu messo

in funzione il primo orologio cubico radiocomandato. Nel 1987 si convertì il primo orologio in modo che fosse controllato dal segnale DCF77, che era trasmesso tramite impulsi a onda lunga dal trasmettitore tedesco del segnale orario a *Mainflingen*. Dal 2002, gli orologi cubici sono controllati sempre più utilizzando i segnali satellitari GPS. L'orologio cubico è così diventato inconfondibilmente un simbolo di Vienna – e lo è ancora oggi.

# LA FUNZIONE DEGLI OSSERVATORI ASTRONOMICI NELLA MISURA DEL TEMPO

Marco Citossi, INAF, *Istituto Nazionale di Astrofisica, OATs*

## 1. L'origine dell'Osservatorio Astronomico di Trieste

L'origine dell'Osservatorio Astronomico di Trieste risale al 1753, quando l'imperatrice d'Austria Maria Teresa vi istituì la Scuola Nautica, che per alcuni decenni fu ospitata nel Collegio dei Gesuiti di Santa Maria Maggiore. L'astronomia era una materia curricolare insegnata ai futuri capitani. Nel 1817 la Scuola Nautica divenne l'Accademia per il Commercio e la Nautica e fu trasferita a Palazzo Biserini, situato nell'odierna Piazza Hortis.

Nel 1851 fu installato sul tetto un osservatorio astronomico che nel 1898 divenne autonomo dall'Accademia e fu nominato direttore F. Anton. Nello stesso anno la sede fu trasferita in un nuovo grande edificio con l'aspetto di un palazzo medievale (fig.1), che ancora oggi ospita l'Osservatorio.

Per diversi anni furono possibili solo poche osservazioni a causa dell'inquinamento luminoso della città, inoltre nel settembre 1944 l'Osservatorio fu bombardato. Dopo la guerra l'Osservatorio fu reso di nuovo pienamente operativo. Gli astronomi iniziarono nuovi programmi di ricerca nel campo della fotometria fotoelettrica. La crescita dell'Osservatorio continuò dopo il 1964 grazie al grande incremento dato dalla nuova direttrice, M. Hack, sia delle attività di ricerca che del personale. A Basovizza, sull'altopiano del Carso, fu costruita una nuova stazione di osservazione ove furono installati nuovi telescopi.

## 2. L'Osservatorio Astronomico di Trieste oggi

Nel 1999 l'Osservatorio è entrato a far parte dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF).

L'Osservatorio Astronomico di Trieste (OATs) è attualmente una delle 17 strutture di ricerca che compongono l'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF). L'OATs vanta una lunga storia, con una



prestigiosa proiezione a livello internazionale da oltre 50 anni. La sede storica dell'OATs si trova presso il Castello Basevi, non lontano dal colle di San Giusto. Nel corso degli anni a tale sede sono state affiancate la stazione osservativa di Basovizza, sul Carso triestino, e la sede di Villa Bazzoni, sul colle di San Vito. La sede di Basovizza (fig.2) ospita strumenti e laboratori ed è anche aperta al pubblico. La sede di Villa Bazzoni ospita personale astronomo del Dipartimento di Fisica dell'Università di Trieste. Le tematiche di ricerca sviluppate presso l'OATs riguardano la cosmologia, gli ammassi di galassie, l'evoluzione stellare e galattica, la fisica solare e planetaria, la fisica delle alte energie e l'astrobiologia. Oltre alle tematiche scientifiche vengono sviluppate tecnologie innovative per lo studio e l'esplorazione del cosmo da terra e dallo spazio. Tutte le ricerche si giovano di una fitta rete di collaborazioni nazionali e internazionali. Le principali collaborazioni in campo osservativo e tecnologico sono portate avanti con l'ESA, Agenzia Spaziale Europea, e con l'ESO, Osservatorio Europeo Australe. Negli ultimi anni l'OATs ha partecipato a più di 25 progetti europei e internazionali. L'OATs svolge anche una intensa attività di divulgazione presso la Specola "Margherita Hack", nella sede di Basovizza, che ospita diversi telescopi e un laboratorio interattivo ed è visitata da migliaia di persone l'anno.

### **Il problema della sincronizzazione degli orologi e il ruolo degli Osservatori Astronomici**

La corretta misurazione del tempo era cruciale per determinare la longitudine, un problema di navigazione fondamentale per la sicurezza e l'efficienza dei viaggi marittimi. Prima dell'invenzione degli orologi precisi e dei metodi moderni di comunicazione, la sincronizzazione del tempo tramite segnali visivi e sonori era la tecnica più affidabile per assicurare che tutti gli orologi fossero impostati correttamente, aumentando così l'accuratezza delle misurazioni di longitudine. Questi metodi riflettono l'ingegnosità e la creatività umana nell'adattarsi alle limitazioni tecnologiche dell'epoca. La "palla del tempo" era uno strumento usato per la sincronizzazione del tempo, particolarmente nei porti marittimi. Funzionava lasciando cadere una palla da un'asta ad un orario preciso, generalmente a mezzogiorno (fig.3). Gli osservatori attendevano la caduta della palla per sincronizzare i loro orologi o cronometri. Questo metodo era essenziale per la navigazione, in quanto una precisa misurazione del tempo era fondamentale per calcolare la longitudine in mare. La palla del tempo era un mezzo efficace



**Fig.1**  
Castello Basevi,  
dal 1898 sede  
dell'osservatorio  
astronomico  
di Trieste.  
(Foto Marco Citossi)



**Fig.2**  
La sede di Basovizza.  
(Foto centrale tratta  
dal libro di Böhm, foto  
ai lati Marco Citossi)

e visibile per garantire la sincronizzazione precisa del tempo prima dell'avvento delle tecnologie di comunicazione più avanzate. Oltre alla palla del tempo, che veniva fatta cadere a mezzogiorno, in alcuni luoghi si sparava un colpo di cannone allo stesso orario. Questo permetteva una sincronizzazione visiva e uditiva, essenziale per i marinai e i naviganti. Il colpo di cannone, utilizzato in alcune località per la sincronizzazione degli orologi, aveva però delle limitazioni (fig.4). Principalmente la velocità del suono variava a seconda delle condizioni atmosferiche e della distanza. Questo significava che, per coloro che si trovavano a distanze maggiori, il suono del cannone poteva arrivare in ritardo rispetto al momento effettivo in cui era sparato. Questo ritardo poteva portare a imprecisioni nella sincronizzazione degli orologi, un fattore critico per la navigazione precisa, in particolare per la determinazione della longitudine. La palla del tempo, essendo un segnale visivo, non soffriva di questo tipo di ritardo.

Fig.3  
Palla del tempo  
della Lanterna  
del porto di Trieste.



Fig.4  
Scarti temporali  
generati  
dalla percezione  
del colpo  
di cannone.

(Foto: Archivio  
Istituzionale  
Università di Trieste)

*Il segnale del mezzogiorno viene dato da questo Osservatorio per mezzo di un relais comandato a mano per i segnali di preavviso e direttamente dall'orologio per il mezzogiorno esatto, istante in cui viene sparato il cannone da un militare d'artiglieria che riceve tutti i segnali con una cuffia telefonica*

Per comodità dei cittadini che desiderano regolare orologi di precisione mediante il segnale del tiro meridiano, diamo l'ora esatta in cui dev'essere sentito il colpo di cannone nelle varie località qui di seguito indicate (velocità media del suono: m. 331 al minuto secondo, in condizioni normali)

	h	m	s		h	m	s
Molo Venezia . . . . .	12	0	0,9	Piazza della Borsa . . . . .	12	0	2,1
Stazione Campo Marzio . . . . .		1,1		Piazza Catted. di S. Giusto . . . . .		3,4	
Molo della Pescheria . . . . .		1,2		Piazza della Libertà . . . . .		4,1	
Molo dei Bersaglieri . . . . .		1,5		Piazza Goldoni . . . . .		4,1	
Molo Audace . . . . .		2,4		Piazza Oberdan . . . . .		4,1	
Piazza Unità . . . . .		2,5		Pendici di Scorcola . . . . .		6,1	

### 3. Approfondimenti di alcuni strumenti storici che venivano utilizzati per studiare il moto degli astri e attualmente esposti alla Specola Margherita Hack

*Cerchio meridiano di Pistor & Martins, inizio XIX sec.*

L'asse principale di questo cannocchiale (fig. 5) doveva essere posto in esatta corrispondenza con il meridiano locale. In tal modo esso consentiva di determinare esattamente il tempo solare locale risultante dal moto di rotazione terrestre e, di conseguenza, l'ora esatta. Permetteva altresì di misurare le coordinate dei corpi sulla sfera celeste (ascensione retta e declinazione). Inoltre, con esso si potevano compilare cataloghi stellari, studiare il movimento di pianeti e asteroidi e il moto proprio delle stelle. Il suo cannocchiale ha una lente di 4,5 cm di diametro e 40 cm di distanza focale. Lo strumento fu costruito in Inghilterra all'inizio del XIX secolo grazie a una nuova tecnica di suddivisione estremamente precisa dei cerchi di ottone.

*Orologio siderale a pendolo, ca. 1880*

L'Osservatorio di Trieste possiede diversi orologi a pendolo di alta precisione per la determinazione del tempo solare medio e la trasmissione telegrafica dei segnali orari. L'esemplare mostrato tuttavia misura non il tempo solare, regolato sul mezzogiorno, ma il tempo siderale, regolato sulla rotazione della Terra rispetto alle stelle. Le due misure differiscono per quasi 4 minuti al giorno, poiché il giorno siderale conta 23h 56m 4s anziché 24h. Il tempo siderale serve a determinare posizione e movimento di stelle o pianeti sulla volta celeste, indipendentemente dalla posizione e dallo spostamento apparente giornaliero del Sole. Questo esemplare (fig. 6) fu costruito dalla ditta *Bruder Klumak* di Vienna attorno al 1880; ha numero di serie 4834 ed era installato nella cupola del telescopio *Reinfelder*.

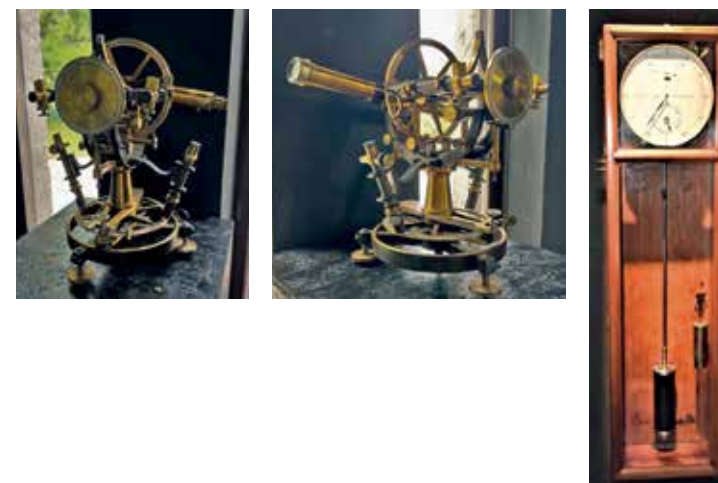


Fig. 5 Cerchio meridiano di Pistor & Martins.

Fig. 6 Pendolo siderale Bruder Klumak - Wien n. 4834.

(Foto: Marco Citossi)

### Bibliografia

- ▶ CONRAD A.BÖHM. (1998) *250 di astronomia a Trieste*, MGS Press.
- ▶ HACK, MARGHERITA (1983) *Breve storia e recenti sviluppi dell'osservatorio astronomico di Trieste*, Trieste: Osservatorio astronomico di Trieste
- ▶ Progettazione e realizzazione del nuovo percorso storico-divulgativo multimediale della specola M.Hack <http://hdl.handle.net/20.500.12386/33087>



## LA CENTRALE ORARIA DI VENEZIA, PATRIMONIO MATERIALE E IMMATERIALE. TESTIMONIANZA DI UN LEGAME TRA MONDO FERROVIARIO E MONDO OROLOGIAIO

Fabrizio Vio, *capo tecnico servizio unità manutentiva  
telecomunicazioni RFI - Venezia*

Lavoro per *Rete Ferroviaria Italiana* nel compartimento di Venezia, come tecnico della manutenzione dell'*informazione al pubblico*. Tra i miei compiti c'è anche la sistemazione degli orologi della stazione, che oggi sono digitali o analogici e normalmente inseriti nelle facciate dei teleindicatori o sui quadri riepilogativi di arrivi e partenze, oltre che sulle facciate delle stazioni ad uso degli utenti negli ambiti ferroviari.

La puntualità e la precisione dell'orario sono da sempre l'obiettivo da raggiungere per le ferrovie, e fin dall'inizio della storia del trasporto su ferro sono stati necessari orologi molto precisi ed affidabili per poter dare in modo univoco l'ora esatta agli utenti ed agli addetti ai lavori.

In un periodo storico che parte dal 1936, anno di inizio dei lavori di rinnovo della stazione di Venezia Santa Lucia, e che si protrae fino al 1943, inizia l'installazione degli orologi a doppia facciata all'interno della nostra stazione. Alla fine degli anni '40, viene istituita la *Squadra Orologi* con il compito di mantenere in efficienza sia gli apparati di stazione che i non meno importanti orologi registratori di linea e cabina, una specie di "scatola nera" che fissa su carta millimetrata tutti i movimenti di scambi, segnali ed apparati legati alla circolazione dei treni. Per tale utilizzo di sicurezza e per la regolarità di invio dei treni in linea, si è reso indispensabile dotare la stazione di orologi molto precisi e sincronizzati tra loro.

Fissato il contesto storico e le necessità tecniche, illustro il funzionamento dei due tipi di orologi utilizzati dalle ferrovie. Quelli per il pubblico sono pilotati con impulsi elettrici a bassa tensione (normalmente a 24 o 48 volt continui), inviati con degli appositi cavi a ciascun orologio ogni 30"; gli orologi sono dotati di una elettrocalamita che attivandosi provoca lo spostamento di alcuni ingranaggi e il conseguente movimento in avanti di uno scatto di mezzo minuto della lancet-



Fig.1  
Centrale oraria F.Ili  
Solari della Stazione  
di Venezia S. Lucia.  
(Foto: Andrea Moro)

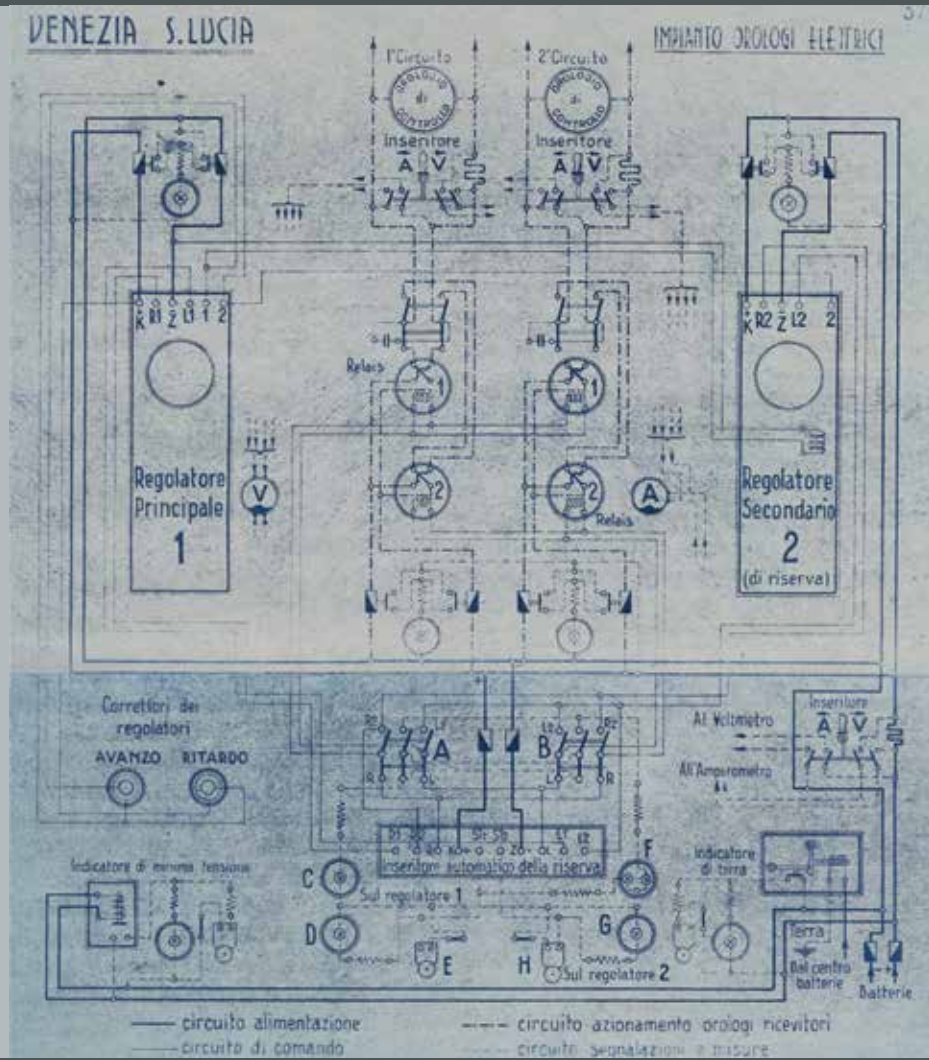


ta di tutti gli orologi collegati alla linea. Il processo si ripete ogni 30" e mantiene sincronizzati tutti gli apparati connessi. L'altro tipo di orologi, destinati esclusivamente agli addetti alla manutenzione, sono chiamati "orologi registratori" o "orologi a punte" e funzionano in modo analogo agli altri, ma con impulsi elettrici che vengono inviati ogni 7,5" e con la parte meccanica che, oltre alle lancette, guida anche una serie di ingranaggi che provvedono al trascinarsi di un rotolo di carta millimetrata ad impatto, che scorre sotto ad una serie di punte. Ognuna di esse è collegata ad uno dei vari rilevatori di eventi (scambi, segnali e passaggi a livello, ad esempio) e incide la carta, tracciando un grafico che permette ai tecnici di rilevare la sequenza cronologica di eventuali guasti o anomalie degli impianti.

Da qui si capisce l'importanza della precisione degli impulsi da lanciare e della univocità dell'orario di tutti gli orologi collegati alle linee. Per il pilotaggio di entrambi i tipi di orologi sopra descritti, che vengono definiti *orologi ricevitori*, viene installato un *orologio pilota o orologio madre*.

Quello installato a Venezia S. Lucia agli inizi degli anni '40 è un bellissimo esemplare, forse unico, assemblato e costruito dai Fratelli SOLARI di Pesariis, Udine. Esso è dotato di pendoli e di tutti i circuiti elettrici necessari per lanciare su ogni linea gli impulsi di comando a 30" e 7,5".

La centrale (fig.1), tuttora perfettamente funzionante, ma ovviamente non più in servizio "attivo", è realizzata con maestria secondo queste specifiche, in legno, marmo, acciaio e.... passione. Passione per i dettagli, per la meccanica, per la precisione e per i materiali; di ragguardevoli dimensioni e peso, misura due metri per due, è composto da due pendole a ricarica elettrica e manuale contenute in due teche di legno e vetro poste ai lati del corpo centrale. Quest'ultimo è in legno e marmo, con incastonati a vista i relais ad ampolla di mercurio, gli strumenti di misura (voltmetro e amperometro), i piccoli orologi di riferimento, le gemme con all'interno le spie luminose di segnalazione e le manopole per le varie regolazioni e tarature. Un meraviglioso esempio di abilità artigiana e perizia tecnica meccanica.



parte  
seconda

LA DIDATTICA SCIENTIFICA  
E TECNOLOGICA

Schema  
della centrale oraria  
di Venezia Santa Lucia

## L'ACCORDO DI TIROCINIO CON AOP IN SENO AL PROGETTO

Francesco Longo, Università di Trieste, *Dipartimento di Fisica,*  
*responsabile terza missione*

Il nostro contributo al tema che riguarda la misura del tempo nella Fisica e nell'Astronomia lo abbiamo sottotitolato "la sincronizzazione dei cronografi". Dai professori universitari ci si aspetta che facciamo un'attività di ricerca, propriamente intesa, ma quello di cui si tratterà è una proposta di tirocinio. Cos'è un tirocinio? Perché lo abbiamo fatto? Io qui rappresento il dipartimento di Fisica, uno dei dieci dipartimenti dell'Università di Trieste, in particolare da quest'anno siamo diventati uno dei 180 dipartimenti di eccellenza fra il 2023 e il 2027 con un grosso contributo finanziario da parte del Ministero dell'Università e della Ricerca. All'interno di questa cornice il dipartimento fa diverse attività di ricerca che vanno sotto vari settori: la Fisica Teorica, la Fisica delle Particelle e delle onde gravitazionali, l'Astrofisica, la Fisica della Materia Condensata, la Fisica Interdisciplinare Applicata e le tecnologie ad esse associate. Nessuno di noi fa ricerche dirette nell'ambito della misura del tempo. Perché ci siamo interessati? Perché agli studenti di laurea triennale offriamo quello che si chiama un "tirocinio": un'attività formativa del terzo anno della laurea in Fisica finalizzata ad avvicinare gli studenti ad attività lavorative o di ricerca. Approfittando del collegamento con l'associazione dell'orologeria di Pesariis abbiamo avvicinato due studenti, che si sono resi disponibili, a questo mondo così amante della precisione e della misura del tempo (che è importante nella Fisica sotto vari aspetti). Questo si connette con la cosiddetta "terza missione" dell'Università, ossia mettere a contatto la ricerca con il pubblico: la formazione alla terza missione sta diventando un aspetto sempre più importante nelle Università e questo tirocinio si pone su questa linea.



# LA MISURA E LA SINCRONIZZAZIONE DEL TEMPO TRA FISICA E INGEGNERIA DI PRECISIONE

Matteo Avena e Riccardo Corte, *Università di Trieste*,  
*Dipartimento di Fisica*

## 1. Sul concetto scientifico di tempo e sulla sincronizzazione: il tempo nella fisica

Cos'è il tempo? Una domanda profonda che tutte le più grandi culture, prima o poi, si sono poste. Secondo Aristotele esso è la misura del movimento: un'idea molto intuitiva e legata alla nostra natura umana. Ciò che viviamo è un eterno presente, una successione di attimi di coscienza che conserviamo nella memoria, il nostro passato, e che attendiamo in ciò che chiamiamo futuro. È la suddivisione della nostra vita in passato-presente-futuro a comporre il cosiddetto tempo psicologico. Esso è *costitutivo*, essenziale per spiegare come interagiamo con la realtà. Lo stesso vale per il tempo biologico, che viene scandito dalla nostra interazione con l'ambiente esterno. Pensiamo come i nostri ritmi siano modellati su cicli, come l'alternarsi tra il giorno e la notte: lo stesso vale per le nostre cellule e per gli altri organismi viventi. In Fisica la definizione di tempo è molto semplice: è ciò che si misura con un orologio, ossia un sistema che periodicamente presenta lo stesso comportamento (dalla posizione del raggio di luce nelle meridiane all'oscillazione quantistica di un orologio atomico). Ciò non vuol dire che la natura del tempo ci sia completamente chiara, tuttavia abbiamo delle regole per misurarlo. Nel corso degli anni si è passati dal rappresentarlo come un parametro continuo che scorre in modo assoluto e determina la variazione di ogni altra grandezza fisica (*Meccanica classica*) a una componente non separabile dallo spazio (*Relatività Generale*). Con la *Relatività Generale* il tempo ha perso la sua assoluta unicità: è un fatto sperimentale che confrontando due orologi sotto diverse condizioni (gravità e moto relativo) "battono" il tempo diversamente.

Per spiegare perché il tempo abbia un'unica direzione (dal passato al futuro), ossia perché i processi avvengano naturalmen-



te in un certo ordine, è necessario analizzare la realtà a livello microscopico (atomico e subatomico). In questo strano mondo il concetto di tempo sembra quasi sparire, nel senso che ha un ruolo *regolativo* dei processi ma non è essenziale per la loro comprensione. Dalle sue ceneri nascono i concetti fondamentali di probabilità e ordine: è da essi che emerge la “freccia del tempo”. In *Termodinamica* un sistema di particelle evolve in una certa maniera, in una certa direzione, proprio perché è più probabile che accada (per questo un gas tende nel tempo a occupare tutto lo spazio disponibile). Addirittura, in *Meccanica Quantistica* possiamo predire il comportamento di un sistema solo con una certa probabilità, intrinseca al sistema stesso, e l'ordine con cui misuriamo le grandezze fisiche coinvolte causa esiti differenti. Un osservatore determina a priori la probabilità di un evento in base alla conoscenza che ha su di esso (a seconda che pensiamo che un dado sia truccato o meno associamo una probabilità diversa che esca un determinato numero). Inoltre, il modo in cui la meccanica quantistica descrive fisicamente il nostro universo, le variabili che usa e come lo divide in sottoinsiemi, è arbitrario (può considerare, ad esempio, sottoinsiemi a diversi ordini di grandezza: galassie, sassi, molecole). Questa (solo apparente!) soggettività potrebbe suggerire che l'ordine dei processi sia “prospettico”, ossia dipenda dalla scelta che l'osservatore ha fatto per descriverlo. Ma il tempo scorre sempre in un'unica direzione, assoluta! Questo perché, per quel che ne sappiamo, è una caratteristica intrinseca dell'universo in cui viviamo, indipendentemente da come lo descriviamo: scelti un set di variabili e di sottoinsiemi è l'interazione tra essi e il resto dell'universo a determinare la “freccia del tempo”, e non la scelta stessa.

## 2. Dalla relatività al tempo universale (e viceversa)

Le prime considerazioni teoriche sulla relatività del tempo sono cominciate alla fine dell'Ottocento quando la diffusione delle ferrovie ha dato inizio al processo di globalizzazione che ha definito la società contemporanea: un mondo globalizzato necessita di un'ora unica, e quindi di orologi sincronizzati. La *Relatività Ristretta* è figlia di tutto questo, basti pensare che il primo articolo a riguardo, di Einstein, risale al 1905. Essa predice che orologi in moto relativo misurano tempi diversi e che la simultaneità di due eventi non sia assoluta. Ciò deriva da soli due postulati: che le leggi della fisica valgano in tutti i sistemi di riferimento (inerziali) e che in essi la velocità della luce del vuoto sia sempre la stessa.

Sebbene possa sembrare non intuitivo, le predizioni della Relatività Ristretta hanno avuto molte conferme sperimentali, tra cui l'*esperimento di Hafele e Keating*: due orologi inizialmente sincronizzati vengono posti uno in un punto fisso da qualche parte all'equatore mentre l'altro su un aereo che, raggiunta una certa quota, circumnaviga la Terra per poi tornare al punto di partenza. Al ritorno effettivamente gli orologi non sono più sincronizzati! Oggi diamo per scontato il significato di termini come simultaneità tra eventi e sincronizzazione tra orologi, ma cosa intendiamo più precisamente? Per un osservatore due eventi sono simultanei quando avvengono nello stesso momento: ad esempio quando diciamo che la partita di calcio è iniziata alle 9:00 in realtà intendiamo che l'inizio della partita è simultaneo al posizionarsi della lancetta dell'orologio (se è analogico) esattamente sulla tacchetta delle 9. Supponiamo ora che un osservatore si trovi lontano dal campo. Per sapere quando inizia la partita qualcuno sul campo deve mandare un segnale per avvertirlo: secondo l'osservatore lontano la partita non inizia precisamente alle 9 perché il segnale ha bisogno di un certo tempo per arrivare (per la *Relatività* può viaggiare al massimo alla velocità della luce). Per sincronizzare a distanza gli orologi dei due osservatori è necessario prendere uno dei due come riferimento e ritardare l'altro di un tempo pari al tempo di propagazione del segnale: in questo modo quando gli osservatori sapranno dell'inizio della partita i loro orologi segneranno la stessa ora. È con lo stesso concetto che dall'inizio del novecento si sincronizzavano, ad esempio, gli orologi delle stazioni ferroviarie: prima ogni stazione aveva un'ora diversa, che era quella locale. Il tempo di riferimento era stabilito dagli osservatori astronomici attraverso pendoli di precisione e gli orologi pubblici erano tarati in base ad essi, a seconda della distanza e dal tipo di segnale utilizzato per verificare la sincronizzazione. Il tempo universale veniva quindi *determinato, conservato* e infine *trasmesso*.

Il momento storico per questa “rivoluzione del tempo” non poteva essere più propizio dal punto di vista tecnologico: dalla fine dell'Ottocento gli orologi pubblici, che erano esclusivamente meccanici, cominciarono ad essere sostituiti con orologi in parte elettrici, essenziali per poter usare appunto l'elettricità come segnale di trasmissione e sincronizzazione. Ironicamente è la concretezza di questa rivoluzione tecnologica ad aver dato una spinta ad Einstein nell'ideazione della teoria della *Relatività Ristretta*: in questo periodo Einstein lavorava all'ufficio dei brevetti di Berna, senza contare che lo zio era proprietario di

un'impresa produttrice di contatori elettrici, la cui tecnologia era molto simile a quella utilizzata nella sincronizzazione elettrica. Dal punto di vista culturale, il tempo universale è stato percepito come un'affermazione dell'uomo sulla natura e un segnale di modernità, tanto da divenire una vera e propria base per la società contemporanea, globalizzata. L'idea di un tempo assoluto e "democratico", un'ora esatta che scandisce la vita di milioni di persone, permette oggi ai media di parlare di "noi", "qui", "adesso" riferendosi anche ad eventi molto lontani da noi; si è insinuata così in profondità nel nostro senso comune da farci sembrare naturale quella che in realtà è solo una costruzione necessaria all'organizzazione globale dell'uomo.

### 3. Sul ruolo dell'osservatorio astronomico nelle misure del tempo: Harrison e la misura della longitudine

La creazione del tempo universale ha, nell'epoca moderna, costituito un traguardo di fondamentale importanza per lo sviluppo della società.

Ne è un esempio il famoso caso di John Harrison, artigiano inglese specializzato nella costruzione di orologi di precisione, che vinse il premio di 20.000 sterline stanziato dal Parlamento inglese per chi avesse trovato una soluzione al problema del calcolo della longitudine in mare con una precisione di mezzo grado. Per viaggiare in mare era fondamentale essere a conoscenza della propria posizione. Per stimare la longitudine si usava una pratica ideata già da navigatori quali Galileo e Vespucci, che si basava sul confronto tra l'ora locale del porto di partenza con l'ora locale della propria posizione. Per farlo era necessario avere a bordo un orologio sufficientemente preciso che fosse sincronizzato con l'ora del porto di partenza.

Agli inizi del Settecento i migliori orologi potevano sbagliare di un minuto al giorno, ma gli orologi di Harrison solo di un secondo al mese! Da dove viene questo grande miglioramento? Al tempo venivano usati orologi a pendolo e per farli funzionare correttamente era necessario che l'oscillazione del pendolo fosse mantenuta dalla sola forza di gravità, in modo che il periodo fosse sempre lo stesso. Ma su una nave l'oscillazione era influenzata anche dai moti della nave stessa, quindi gli orologi diventavano estremamente imprecisi. Il segreto di Harrison era l'utilizzo di un sistema di bilancieri che isolavano l'orologio dal movimento della nave, restituendogli la precisione che altrimenti sarebbe stata persa. Harrison ne creò diversi modelli, passando da modelli più grandi

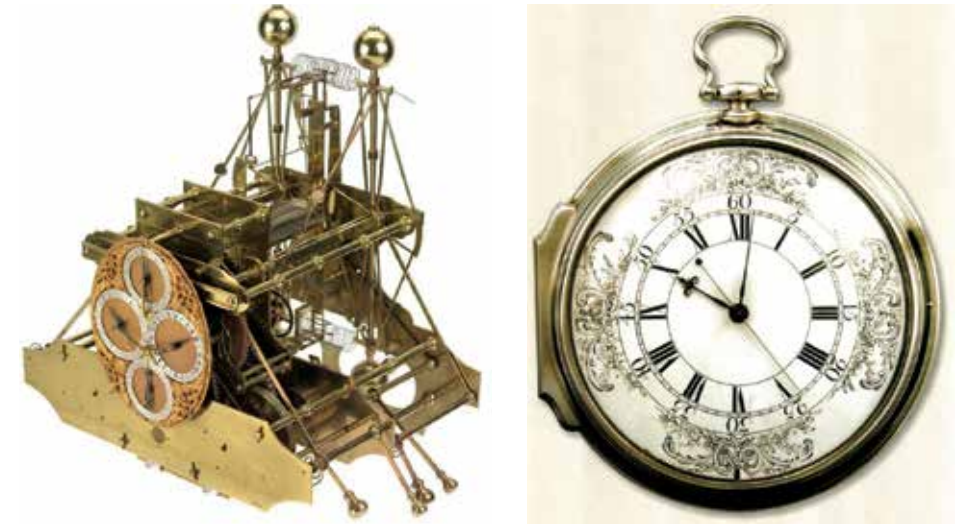


Fig.1  
I cronometri di Harrison, H1 e H4.

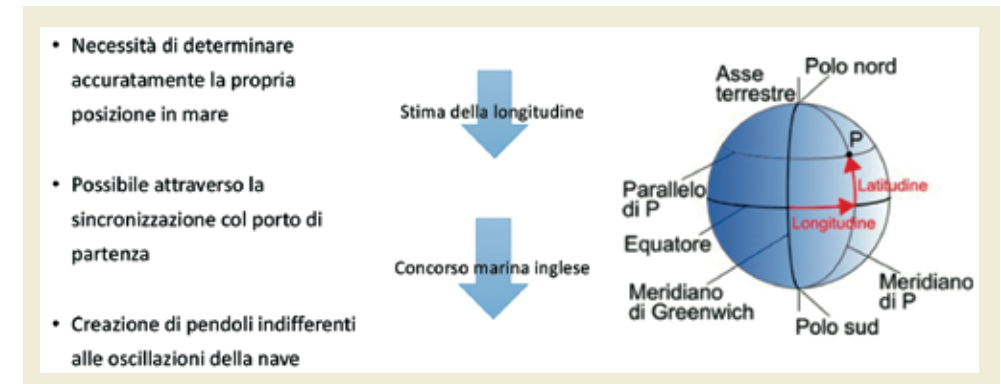


Fig.2  
La determinazione della longitudine.

ed ingombranti a modelli ispirati ad orologi da taschino (fig.1). Mentre per la latitudine basta misurare e convertire in gradi l'altezza del Sole o della Stella Polare per l'emisfero settentrionale, o del Polo sud celeste per l'emisfero meridionale, per la longitudine non si può usare un metodo simile a causa della rotazione terrestre. Allora perché non sfruttarla! Misurando la differenza di tempo che uno stesso fenomeno impiega per avvenire in luoghi diversi, come l'arrivo del Sole allo Zenit, è possibile calcolare la differenza di longitudine tra i due luoghi: la Terra compie una rotazione completa di 360 gradi in circa 24 ore; quindi, ogni ora di differenza fra la posizione corrente e quella di partenza corrisponde a circa  $360/24=15$  gradi di longitudine. Sapendo la longitudine del porto di partenza e la differenza di longitudine con la posizione corrente si poteva ricavare la longitudine di quest'ultima. Questo metodo è noto anche come "misura dell'ora di Greenwich", dal nome del meridiano a cui è stato storicamente assegnato longitudine zero (fig. 2). La rilevanza dell'osservatorio di Greenwich sul panorama internazionale deriva dalla Conferenza internazionale dei Meridiani, tenuta a Washington nel 1884, occasione in cui le potenze mondiali si accordarono per la creazione di un tempo universale che sincronizzasse gli osservatori ed i porti in diverse parti del mondo. Greenwich divenne il punto di riferimento e venne quindi definito come meridiano zero, in funzione del quale definire tutte le fasce orarie geografiche.

#### 4. Trasmissione dell'ora locale e dell'ora universale

La comunicazione a distanza dell'ora da parte degli osservatori era utile soprattutto nelle città portuali, come Trieste, per permettere alle navi al largo di sincronizzare autonomamente i propri orologi. Spesso, comunque, erano gli osservatori stessi a fornire servizi e assistenza per la taratura dei cronometri: l'osservatorio di Trieste aveva anche il compito di ricalibrare e sincronizzare i dispositivi dei privati, aiutando nello sviluppo del commercio della città. Orologi sincronizzati erano importanti anche per il tempo cittadino, in particolare per definire l'orario di chiusura delle Borse. Per comunicare l'ora a distanza l'osservatorio di Greenwich, come anche l'osservatorio di Trieste, sfruttava un segnale visivo: la cosiddetta "palla del tempo" (*time ball*). Si trattava di un pallone colorato libero di muoversi su un'asta impernata sul tetto dell'osservatorio: cadendo bruscamente segnalava le 13:00 (o il mezzogiorno nel caso di Trieste), rialzandosi lentamente scandiva l'avanzamento della giornata. La sua grandezza ed i colori vivaci permettevano che que-

sta venisse vista anche a grande distanza, come dalle navi al largo. Alcuni osservatori usavano, in alternativa o assieme al segnale visivo della palla del tempo, un segnale acustico (fig. 3): il mezzogiorno veniva segnalato attraverso un colpo di cannone. Al tempo era una soluzione accettabile perché non era necessario comunicare l'ora con una grande precisione, ma la palla del tempo era più efficace e precisa. Innanzitutto, attraverso la sua posizione sull'asta, dava un'informazione indicativa dell'ora durante tutta la giornata e non solo per il mezzogiorno. Inoltre, la velocità del suono (con cui viaggia il rombo del colpo di cannone) è molto minore della velocità della luce (tramite cui possiamo vedere la palla del tempo): per grandi distanze il ritardo tra il momento dello sparo e il momento in cui il segnale arriva all'ascoltatore non è trascurabile. Talvolta, però, avere un'alternativa alla palla del tempo poteva essere utile, soprattutto in casi di malfunzionamento di quest'ultima. Agli inizi del ventesimo secolo, la diffusione del tempo universale aveva reso necessario l'utilizzo di segnali di trasmissione più affidabili che consentissero di raggiungere distanze maggiori. La soluzione fu trovata nella trasmissione senza fili, prima con segnali telegrafici, poi con segnali telefonici. Da un certo punto di vista, era stata proprio la trasmissione senza fili a salvare la Tour Eiffel dall'abbattimento: agli inizi del '900 fu sfruttata per costruire un'unità di trasmissione radiotelegrafica che nel corso del secolo divenne tra le più importanti d'Europa. Alla Conferenza Internazionale dell'Ora, tenuta a Parigi nel 1912, fu deciso che tutte le stazioni radiotelegrafiche costiere del Mediterraneo regolassero giornalmente l'ora in base a quella comunicata dalla stazione della Tour Eiffel.



Fig.3  
Segnale orario tramite colpo di cannone.



## 5. Tempo solare e tempo siderale

Il tempo veniva determinato negli osservatori usando pendoli di precisione, che in questo contesto erano chiamati pendoli astronomici. A seconda che il fenomeno astronomico osservato fosse la posizione del Sole o quella delle stelle fisse, il pendolo era calibrato in modo che la sua oscillazione definisse il secondo solare o il secondo siderale, prendendo così appunto il nome di pendolo solare o di pendolo siderale. L'anno siderale è il tempo che impiega un punto di riferimento lontano nel cielo, come le stelle fisse, a ritornare alla posizione di partenza rispetto alla Terra; l'anno solare è il tempo che impiega il Sole a tornare al punto di partenza rispetto alla Terra. Il tempo siderale e il tempo solare sono diversi: il giorno siderale è influenzato solo dalla rotazione della Terra intorno al proprio asse, proprio perché il punto di riferimento è così lontano che rispetto ad esso la Terra è praticamente ferma; il giorno solare, invece, è influenzato anche dal moto di rivoluzione attorno al Sole. Come conseguenza il giorno siderale, ossia il tempo necessario affinché la Terra compia una rotazione completa rispetto al punto di riferimento lontano, è leggermente più breve del giorno solare (quello che conosciamo tutti di 24 ore): dura 23 ore, 56 minuti e 4,09 secondi solari. Quindi il secondo siderale è più corto del secondo solare: è per questo che il pendolo siderale ha un'asta più corta rispetto al pendolo solare.

Osservando la Terra dal punto di vista delle stelle fisse la rivoluzione attorno al Sole può essere trascurata, approssimandola come un corpo immobile che effettua unicamente rotazioni attorno al proprio asse. Se guardassimo invece la Terra dal punto di vista del Sole, non la vedremmo solo ruotare attorno al proprio asse ma anche traslare per la rivoluzione attorno al Sole. Consideriamo una rotazione completa della Terra: per fare in modo che la Terra si "riaffacci" allo stesso modo al Sole non deve solo ruotare di 360 gradi ma anche dell'angolo aggiuntivo individuato dal moto di rivoluzione (in questa sede non è considerato il moto di precessione). Un giorno solare dura quindi di più di un giorno siderale e conseguentemente un anno solare dura di più di un anno siderale. Sostanzialmente, nello stesso tempo la Terra compie meno rotazioni rispetto al Sole che alle stelle fisse.

## 6. Sincronizzazione elettrica nelle stazioni ferroviarie

A livello internazionale, i primi sistemi di distribuzione elettrica dell'ora risalgono già agli anni '30-'40 dell'Ottocento, per opera

degli inventori Charles Wheatstone ed Alexander Bain. Nel 1859 Lipsia, seguita in Germania da Francoforte, era stata la prima a utilizzare simili sistemi per la sua stazione ferroviaria; centrali orarie nacquero poi nelle stazioni di Vienna nel 1870, Milano nel 1875, Parigi nel 1880 e Berlino nel 1893. Nel 1890 al Palazzo Federale di Berna erano stati sincronizzati addirittura cento orologi! Poco tempo dopo anche le stazioni di Ginevra, Basilea, Neuchâtel e Zurigo avevano le loro centrali orarie. La coordinazione elettrica era necessaria non solo agli osservatori astronomici per conservare con precisione lo scorrere del tempo (che prima veniva determinato dall'osservazione del cielo e poi comunicato tramite segnali telegrafici o successivamente telefonici), ma anche alle stazioni ferroviarie per gestire efficacemente le manovre dei treni e ridurre il rischio di incidenti.

In Italia, all'inizio degli anni '20 del Novecento, l'orologeria stava conoscendo una fase di transizione: gli orologi meccanici piano lasciavano il posto ad orologi elettro-meccanici. I vantaggi erano molteplici: l'elettricità permetteva di *rendere automatica* non solo la ricarica degli orologi regolatori (tramite motori elettrici) ma anche la *sincronizzazione* tra questi e una rete di orologi ricevitori (tramite circuiti elettrici). È in questo periodo che l'azienda F.lli Solari coglie l'occasione per inserirsi nel mercato nazionale ed internazionale: nel 1920 sperimenta la tecnologia dei motori elettrici dotandosi nella località di Pesariis di una centrale idroelettrica, per poi, sempre in quel decennio, applicarla agli orologi da torre, rendendone automatica la ricarica. Dal 1930 l'azienda diventa partner commerciale delle Ferrovie dello Stato, prima come fornitrice di orologi da torre per i quadranti delle stazioni e di orologi secondari per le banchine, poi anche di orologi registratori di eventi (per le manovre di segnalamento e di blocco) e di vere e proprie centrali orarie. La F.lli Solari è rimasta fornitrice ufficiale delle Ferrovie per trentasette anni, fino al 1967; dallo stimolo di questa lunga collaborazione sono nati diversi brevetti, tra cui nel 1934 le sfere luminose a lampade intercambiabili per illuminare orologi di grandi dimensioni, nel 1938 orologi elettrici ricevitori per la visualizzazione diretta dell'ora e nel 1941 gli orologi di controllo a scheda (i famosi "timbra-cartellini") per impiegati e operai.

Gli orologi registratori di eventi erano di particolare importanza per le stazioni ferroviarie. Questi permettevano appunto di "registrare" nel tempo un evento: all'arrivo di un segnale, come l'accensione di un interruttore, un sistema di punte lasciava dei segni su una zona scorrevole, come un rotolo di carta graduata,

che successivamente era possibile rimuovere per la lettura. Conoscendo la velocità di scorrimento della carta (regolata in base agli intervalli di tempo da considerare) era possibile decifrare i segni lasciati su di essa in modo da risalire al momento in cui quell'evento era accaduto. Gli orologi registratori erano ampiamente usati negli apparecchi di segnalamento e di blocco delle stazioni per annotare con precisione l'ora e il minuto in cui venivano inviati i segnali di sbloccamento, necessari per concedere a un treno in arrivo il consenso ad entrare nella sezione di blocco. A causa del suo ingombro, l'orologio registratore non poteva essere installato direttamente all'interno dell'*istrumento di blocco*: era necessario che comunicasse con esso dall'esterno tramite un circuito elettrico.

## 7. Il pendolo di Riefler nelle centrali orarie

Agli inizi del diciannovesimo secolo Sigmund Riefler brevettò e battezzò col suo nome un nuovo tipo di orologio a pendolo che, sfruttando delle migliori tecniche, permise di aumentare significativamente la precisione con cui scandire il tempo. Riefler stesso affermava di essere riuscito a creare un sistema di scappamento dell'orologio, ossia di distacco momentaneo del blocco dalla ruota di scappamento, teoricamente perfetto e caratterizzato da una semplicità quasi sorprendente. Gli orologi a pendolo sono costituiti da un elemento oscillante (il pendolo) che è collegato tramite una forcella a un'ancora, questa blocca la ruota dentata che è responsabile del movimento delle lancette. È quindi l'ancora l'elemento che trasferisce il moto oscillatorio del pendolo allo scatto controllato delle lancette, spostando durante l'oscillazione il blocco dai denti della ruota di scappamento. Gli attriti dell'ancora, della ruota e degli elementi di blocco, nonché i colpi di richiamo sulla forcella, influenzano negativamente il movimento del pendolo, determinando delle imprecisioni che a lungo termine desincronizzano l'orologio. L'idea alla base del pendolo di Riefler è quella di escludere la trasmissione diretta del movimento fra l'ancora e la forcella, spostando l'attacco dell'elemento oscillante ad una molla direttamente collegata all'ancora (fig. 4). Questa subisce il movimento della molla che allungandosi leggermente, a tempo con le oscillazioni, fornisce l'impulso necessario allo scappamento per il movimento delle lancette. Grazie alla molla gli attriti vengono in parte convertiti in energia elastica, rilasciata poi dalla molla stessa all'ancora, impedendo di influire sull'oscillazio-

ne del pendolo e garantendo, quindi, una miglior precisione. Fondamentale per il funzionamento dell'intero meccanismo è la taratura della molla: una molla troppo debole non permetterebbe di recuperare efficacemente l'energia altrimenti perduta, una molla troppo rigida porterebbe a sfasare l'oscillazione dell'ancora rispetto a quella del pendolo. Alcuni pendoli Riefler presentano un sistema di compensazione a mercurio situato all'interno dell'asta del pendolo che permette di compensare ad allungamenti o accorciamenti dell'asta dovuti a variazioni di temperatura: un cambiamento nel volume o nella distribuzione del peso inciderebbe sull'oscillazione del pendolo, rendendo necessarie continue tarature. I pendoli Riefler trovarono applicazione anche nelle centrali orarie delle stazioni. La necessità delle stazioni di avere una sincronizzazione così precisa fu dettata dal bisogno di un orario di riferimento autonomo ma coordinato con quello ufficiale in base al quale i cittadini si potevano organizzare per recarsi a prendere il treno, ma anche, e soprattutto, dall'aumento delle corse e del numero dei treni, che costituiva un significativo problema a livello organizzativo. Molteplici furono i casi di incidenti mortali dettati da indicazioni errate a causa di orologi non sincronizzati. Le centrali orarie erano dotate di diversi elementi di elevata complessità tecnica, fra i quali almeno un pendolo Riefler, orologi elettromeccanici per comunicare l'ora nel complesso in cui erano collocate, ed erano inoltre collegate alla rete elettrica per una ricarica automatica dell'impianto. Un esempio illustre è la centrale oraria della stazione di Firenze: quest'impianto, realizzato anche ad opera dell'azienda F.lli Solari, era costituito da un complesso di addirittura più di 250 orologi ricevitori, distribuiti su 3 circuiti.

- Molla e scappamento
- Recupero energia

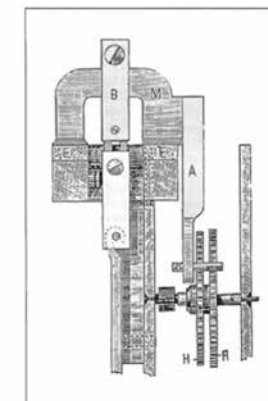
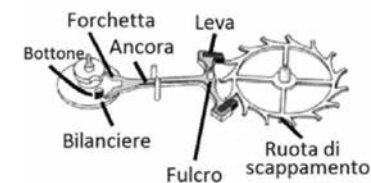


Fig. 4  
I meccanismi molla e scappamento del pendolo di Riefler.

## 8. Conclusione: sincronizzazione del tempo tra fisica e ingegneria di precisione

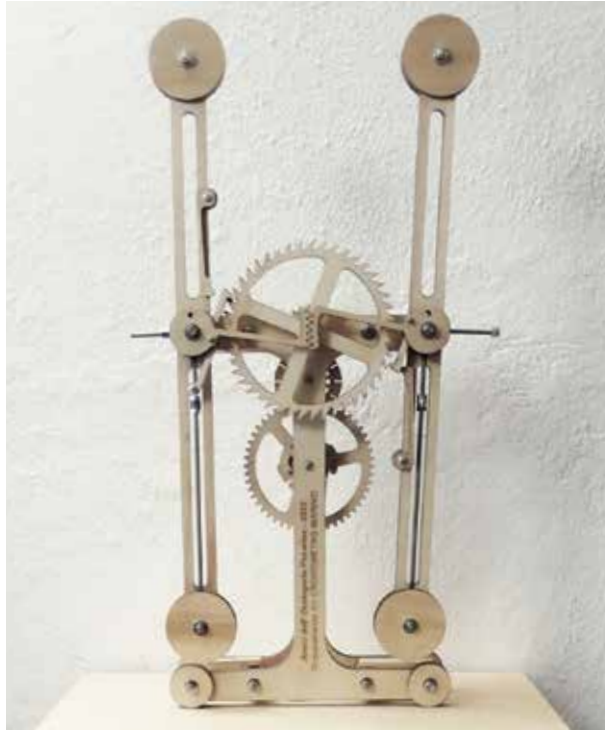
Scopo del contributo è stato mettere in contatto il mondo della Fisica col mondo dell'orologeria elettro-meccanica di precisione, sia dal punto di vista teorico, attraverso l'impatto di teorie come la Relatività Generale e la Meccanica Statistica sul concetto di tempo (prima parte), sia da un punto di vista pratico-sperimentale, attraverso il ruolo dell'astronomia e dell'implementazione tecnologica (seconda e terza parte) nel processo della sua determinazione, con l'intento di mettere in contatto gli addetti ai lavori e avvicinare i non-addetti a questi temi. Da qui la scelta di rendere più semplice e comprensibile possibile, senza banalizzare, il contenuto.

Per introdurre la teoria si è deciso, prendendo spunto dalle riflessioni di Giuseppe Longo, di partire da concetti più familiari come la tripartizione del tempo psicologico in passato, presente e futuro e i ritmi biologici, utili sia a chiarificare la definizione di tempo fisico (basata sul comportamento periodico di sistemi) che a sottolineare quanto la concezione di tempo nella Fisica Classica (un parametro atto a descrivere l'evoluzione delle altre grandezze fisiche) sia intuitivamente vicina alla nostra interazione con la realtà (in particolare al concetto di "misura del movimento" di Aristotele) ma al contempo diversa dalla nostra percezione. Si è poi affrontato, partendo dalle note di Giuseppe Giuliani, il tema della dipendenza dell'intervallo di tempo dallo stato del sistema di riferimento nella teoria della Relatività e della conseguente impossibilità nel definire a rigore un tempo assoluto. Tale rimane tuttavia la direzione d'evoluzione dei sistemi macroscopici per grandi tempi (Termodinamica), strettamente legata alla probabilità di ottenere macrostati del sistema dai microstati ad esso corrispondenti (Meccanica Statistica). È stato solo sfiorata e notevolmente semplificata, per la sua sottigliezza e tecnicità, la questione sulla causa profonda della direzione del tempo: Carlo Rovelli osserva che, sotto opportune ipotesi, la direzione preferenziale dei processi per alcuni sottoinsiemi può emergere da un generico microstato dell'universo termodinamico, senza la necessità di ipotizzare, come talvolta accade quando si considera l'Universo, un microstato iniziale poco probabile. Sono stati infine introdotti i concetti di simultaneità tra eventi e sincronizzazione a distanza degli orologi, mettendo in risalto come le informazioni viaggino a velocità finita tra punti diversi dello spazio-tempo. Ciò ha

permesso, usando spunti dagli scritti di Peter Galison, Gabriele Balbi e Maria Rikitienskaia, da una parte di mettere in relazione la genesi della Relatività con le necessità ingegneristiche dell'orologeria e dall'altra di rendere plausibile la costruzione di un tempo universale.

Per la seconda e terza parte si è optato per presentare un percorso nella storia moderna dove le tappe mettersero in risalto il ruolo dell'Astrofisica e dell'Ingegneria di precisione nel processo di determinazione, conservazione e trasmissione del tempo universale. A metà del Settecento la necessità di migliorare la precisione degli orologi a pendolo meccanici anche in condizioni instabili, come nel caso dei cronografi sulle navi, ha spinto John Harrison a inventare sistemi di disaccoppiamento dell'oscillazione del pendolo dalle forze inerziali (attraverso bilancieri), un miglioramento ingegneristico che ha permesso una maggior precisione nelle misure di longitudine basate sul confronto tra le ore locali di un luogo di riferimento e del luogo imputato alla misura. L'Astronomia e l'Astrofisica entrano in gioco proprio per il ruolo cruciale degli osservatori astronomici, come quello di Trieste, sia nella determinazione del tempo (attraverso l'osservazione di fenomeni astronomici periodici) che, storicamente, nella trasmissione locale dell'ora tramite segnali visivi (*time-ball*) o sonori (colpo di cannone), resi obsoleti durante l'inizio del Novecento con la diffusione della tecnologia radio-telegrafica. A seconda che il fenomeno astronomico osservato fosse la posizione della Terra rispetto al Sole o alle stelle fisse si parla di secondo solare o di secondo siderale, che sono diversi a causa del moto di rivoluzione della Terra attorno al Sole. Alla fine dell'Ottocento Sigmund Riefler inventò un sistema di scappamento (tutt'ora all'apice dell'orologeria meccanica di precisione) in cui l'oscillazione del pendolo e la rotazione della ruota di scappamento vengono accoppiati non più in modo rigido ma attraverso una molla, consentendo di convertire parte dell'energia, altrimenti persa dal sistema a causa degli attriti e dei rinculi meccanici, in energia elastica, utile ad alimentare parzialmente l'oscillazione stessa. Nello stesso periodo si diffusero in Europa sistemi di distribuzione elettrica dell'ora in cui un orologio regolatore, a ricarica automatica tramite motore elettrico, sincronizza quasi istantaneamente una rete di orologi ricevitori. In Italia dagli anni '20 del Novecento l'azienda F.lli Solari si inserì con successo nella transizione dall'orologeria meccanica all'orologeria elettro-meccanica, collaborando strettamente con le Ferrovie dello Stato.

**Fig. 5**  
**Modello**  
**di scappamento**  
**di John Harrison (H1),**  
**1735, realizzato**  
**da Renato Machin.**  
**(Foto Irene Cimenti)**



**Fig. 6**  
**Modello**  
**di scappamento**  
**di Sigmund Riefler**  
**1893, realizzato**  
**da Renato Machin.**  
**(Foto Irene Cimenti)**



## Sitografia

- ▶ LONGO GIUSEPPE, *Confusing biological rhythms and physical clocks Today's ecological relevance of Bergson-Einstein debate on time in What is time?* <https://www.di.ens.fr/users/longo/files/ TwinsVScloks.pdf>
- ▶ GIULIANI GIUSEPPE, *Alcune note su tempo, orologi e relatività* [https://fisica.unipv.it/percorsi/pdf/note\\_tempo.pdf](https://fisica.unipv.it/percorsi/pdf/note_tempo.pdf)
- ▶ BALBI GABRIELE, RIKITIANSKAIA MARIA, *What time is it? History and typology of time signals from the telegraph to the digital* <https://ijoc.org/index.php/ijoc/article/view/14132/3396>
- ▶ IL POST, *John Harrison e il calcolo della longitudine*, ilPost.it <https://www.ilpost.it/2018/04/03/john-harrison/>
- ▶ GIANLUIGI FILIPPELLI, *John Harrison, il tempo e la longitudine*, EduINAF <https://edu.inaf.it/approfondimenti/personaggi/john-harrison-il-tempo-e-la-longitudine/>
- ▶ CARLO G. CROCE, *Appunti sulla teoria e sulla pratica (#19), su pendoli e maree*, The Home of Antique Clocks. <https://www.clockmaker.it/unpoditeo19.htm>
- ▶ ADMIN, *Istituto il meridiano di Greenwich, gli orologi del mondo si sincronizzano*, Felicità Pubblica. <https://www.felicita pubblica.it/2017/10/13/istituto-il-meridiano-di-greenwich-gli-orologi-del-mondo-si-sincronizzano/>
- ▶ ROYAL MUSEUMS GREENWICH, *The Greenwich time ball and one time for all* <https://www.rmg.co.uk/stories/topics/greenwich-time-ball-one-time-all>
- ▶ DIFESA ONLINE, *10 maggio 1913: Le RT regolano l'ora con la torre Eiffel* <https://www.difesaonline.it/news-forze-armate/storia/10-maggio-1913-le-rt-regolano-lora-con-la-torre-eiffel>
- ▶ LUIGI LAVIA, *Radiofonia in Francia* <https://www.aireradio.org/articolipop/articoli/img/RDF-FR.pdf>
- ▶ GALISON PETER, *Einstein's Clocks: The Place of Time in Critical Inquiry* 26, no. 2 (2000): 355–89, <http://www.jstor.org/stable/1344127>
- ▶ ROVELLI CARLO, *Is Time's Arrow perspectival?* [arXiv:1505.01125v2 \[physics.hist-ph\]](https://arxiv.org/abs/1505.01125v2)
- ▶ GIANLUIGI FILIPPINELLI, *John Harrison, il tempo e la longitudine*, EduINAF <https://edu.inaf.it/approfondimenti/personaggi/john-harrison-il-tempo-e-la-longitudine/>
- ▶ ERNESTO TOSI, *La registrazione delle manovre degli apparecchi di segnalamento e di blocco*, in *La tecnica professionale* (1940)
- ▶ ENTUSIASTA X OROLOGIKO, *L'orologio del ferroviere* <http://www.ologikoko.it/utenti/entusiasta/Orologioferroviere.pdf>

# I SEGRETI DEI PENDOLI ASTRONOMICI MODERNI: IL PENDOLO DI RIEFLER

Gildo Solari, socio esperto AOP

## 1. I problemi dei pendoli di precisione

Fin dai primi orologi a pendolo la forza motrice è stata sempre affidata all'azione di un forte peso che agisce a distanza dal pendolo; la massa del peso è libera di scendere per un determinato tratto, stabilito dal progetto cinematico generale dell'orologio. Nel caso di pendole da salotto spesso si tratta di circa un metro. Per pendoli di precisione il tempo di discesa si realizza in un giorno abbondante; tutti i giorni, quindi, bisogna riportare il peso all'altezza massima iniziale. Durante la fase di "carica", ovviamente, viene a mancare la forza motrice dell'apparato e quindi il tempo giornaliero misurato potrebbe risultare in difetto di più di un secondo, quantità inammissibile anche per orologi di scarsa precisione, se non si provvedesse ad una compensazione. In concomitanza alla compensazione della temperatura è assolutamente indispensabile, per orologi di precisione, provvedere alla compensazione della mancanza di forza motrice. Un sistema per ottenere la continuità della forza è applicare un *peso supplementare*, che però comporta parecchio ingombro (fig. 1).

Infatti, nella versione più semplice, questo apparato di compensazione consta di un albero ausiliario disposto in linea con l'albero della ruota di scappamento, che si può innestare su questo durante il caricamento e poi disinnestare. Un peso aggiuntivo funge da forza motrice quando il peso principale è reso inoperante dall'operazione di "ricarica"; l'intensità della forza è tale da fornire al pendolo la stessa energia che questo riceve nel suo normale funzionamento.

Siccome le manovre inerenti la ricarica manuale comportano comunque variazioni dell'intensità della forza trasmessa ai denti dell'ancora, e quindi variazioni del periodo di oscillazione, Riefler ed altri pensarono ad un sistema di ricarica au-



Fig.1  
Sistema con peso  
supplementare.

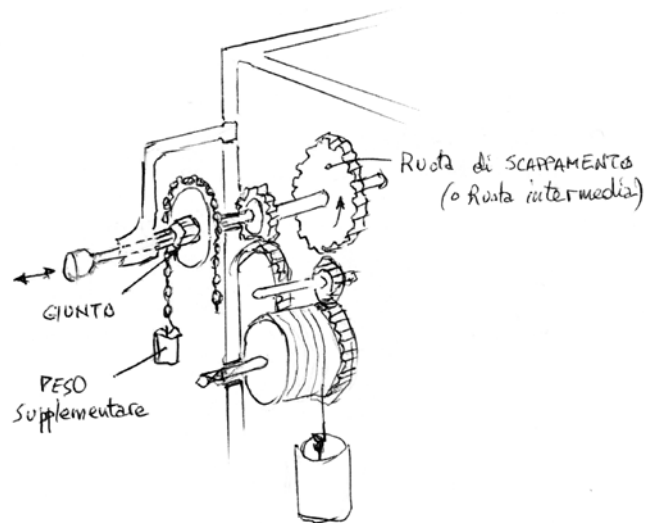
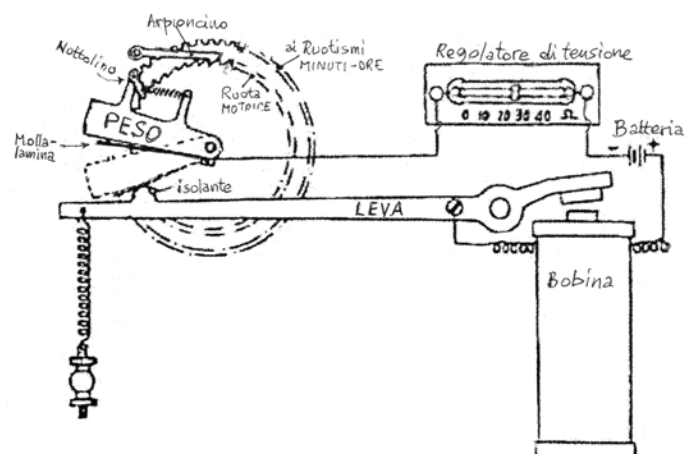


Fig.2  
Schema di ricarica  
elettrica del Riefler.

(Disegni Gildo Solari)



tomatica di tipo elettrico. Questo avviene ad opera di una forza elettromagnetica, per mezzo di una apposita bobina, e perciò la ricarica si realizza molto rapidamente. Viene sollevata una leva di modesto peso (si tratta di ettogrammi) per un'altezza di alcuni centimetri (corrispondenti ad un angolo di una trentina di gradi), ad intervalli di pochi minuti. L'ingombro di questo meccanismo è accettabile, poiché alcuni componenti elettrici (per esempio la batteria) possono essere posti distanti dai meccanismi dell'orologio vero e proprio. Riefler riduce anche l'intensità della forza trasmessa ai denti dell'ancora, e quindi i relativi disturbi da questa apportati al regolare "battito" del pendolo, portando l'azione della forza motrice molto più vicina allo scappamento; viene inserito un elemento

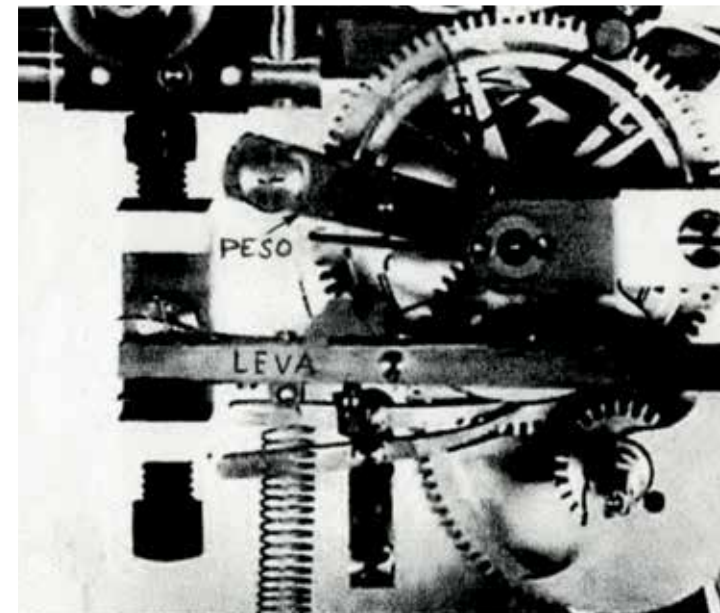


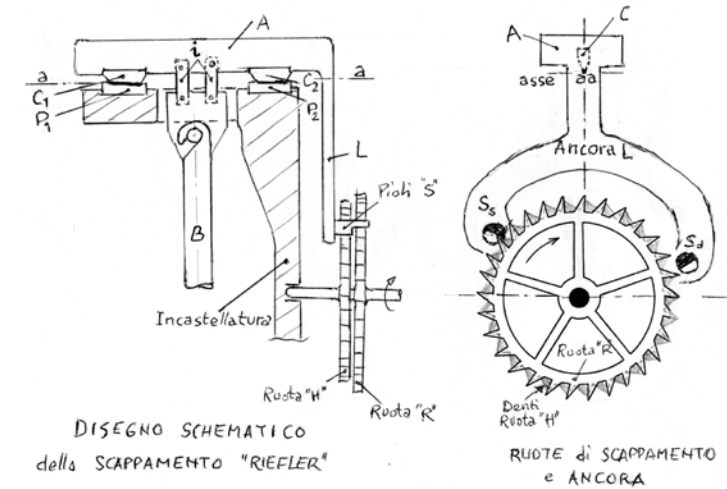
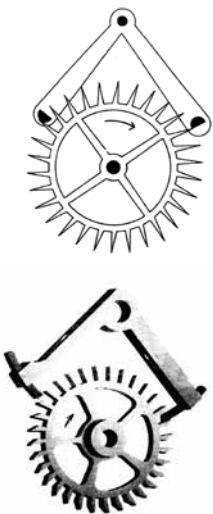
Fig.3  
Parte meccanica  
del sistema di ricarica  
elettrica del Riefler.

circolare elastico tra ruota motrice e ruota di scappamento, per attutire al massimo l'impatto della leva azionata dalla bobina. Il funzionamento del sistema è il seguente: l'estremità della piccola leva del peso spinge attraverso l'ausilio di un "nottolino" la ruota motrice a denti di sega trattenuta da un arpioncino; questa fornisce energia tanto alla ruota di scappamento (verso il pendolo) quanto ai ruotismi dei minuti e delle ore (fig. 2). Sul dorso della piccola leva del peso è inserita una lamina a molla che, al termine dell'angolo di discesa, crea il contatto elettrico necessario all'attivazione della bobina: questa attira una leva ausiliaria che solleva la levetta del peso alla sua posizione di inizio-ciclo; qui il contatto elettrico si apre e la leva ausiliaria ritorna alla posizione di riposo mediante l'azione di un minuscolo peso (fig. 3); sul circuito elettrico è inserito un regolatore di tensione della batteria, mediante il quale si stabilisce il periodo del ciclo di ricarica. Eliminata in massima parte questa causa di imprecisione nella misura del tempo relativa alla mancanza sia pur momentanea della forza motrice, resta principalmente il disturbo inerente il meccanismo dello scappamento. Questo è dovuto agli urti tra i denti della ruota ed i pioli dell'ancora; inoltre anche l'accoppiamento dell'asse del bilanciere all'asta del pendolo produce vibrazioni trasversali dell'asta stessa, che rompono il ritmo regolare di pendolazione. Per ridurre in particolar modo queste ultime, Riefler adotta lo schema del pendolo a molla libera.

## 2. Modello di scappamento di Sigmund Riefler

Lo scappamento del Riefler è del tipo a pioli; questi sono dei semi-cilindretti, fissati alle estremità dell'ancora, che si inseriscono alternativamente tra i denti della ruota dello scappamento seguendo l'oscillazione del pendolo. Nella **fig.4**, si rappresenta il classico scappamento "di Brocot" e quello di Graham, del tipo a palette, alquanto diverso nelle forme dei suoi componenti, già illustrato nell'opuscolo "Meccanismi degli Orologi Antichi". Lo scappamento Riefler è concettualmente diverso dai precedenti: con l'intento di svincolare il moto dell'asta del pendolo da quello del gruppo ancora-bilanciere, la ruota di scappamento viene sdoppiata in *ruota di riposo* e *ruota di sollevamento*, tra loro rese solidali. Asta e bilanciere sono collegati solo dalle molle elastiche "i". In tal senso Riefler breveta il suo pendolo astronomico, chiamandolo "a molla libera". La parte superiore delle molle "i" del Pendolo "B" non è bloccata sulla traversa superiore (fissa) dell'incastellatura, ma è fissata ad un blocchetto "A" che funge da sostegno dell'ancora "L" e può oscillare liberamente per mezzo di apposite lame a coltello "C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>" che poggiano su piani "P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub>" di pietra dura (Agata) inseriti entro l'incastellatura fissa: dunque l'ancora non è obbligata a seguire il moto del pendolo (**fig.5**). È importantissimo che l'asse di appoggio dei coltelli "a-a", che coincide con l'asse di oscillazione del blocchetto "A", si sovrapponga esattamente all'asse di oscillazione del pendolo che passa per la linea mediana delle molle "i"; diversamente il piano di oscillazione dell'ancora "L" non risulta parallelo a quello del pendolo, con inconvenienti anche gravi in merito alla precisione dell'orologio (**fig.5**). L'ancora, fissa al blocchetto "A", porta due pioli "S<sub>s</sub>-S<sub>d</sub>": la parte cilindrica di questi interagisce con i denti della ruota di sollevamento "H", mentre la loro parte terminale si inserisce tra i denti della ruota di riposo "R", in quanto tagliata a metà. Questi pioli "abbracciano" 11-12 denti. Le Dentature delle due ruote di scappamento sono del tutto differenti, come d'altronde sono distinti i loro ruoli. I denti della ruota di arresto "R" hanno una forma acuta. La ruota di sollevamento "H", posta dietro a quella di arresto, ossia più vicino all'ancora, possiede denti meno alti e meno acuti rispetto ai denti della ruota "R". La parte superiore dei pioli dell'ancora, che risulta divisa a metà, si inserisce alternativamente tra i denti della ruota di arresto "R", come accade in tutte le ruote di scappamento (**fig.6**). Ma il brevetto di Riefler sopra ricordato è legato al ruolo della ruota di sollevamento, in quanto agente sul grup-

**Fig.4**  
Scappamenti di Brocot e di Graham.



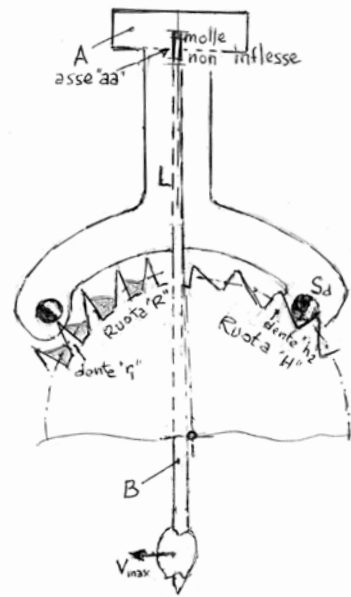
**Fig.5**  
Meccanismo del pendolo a molla libera di Riefler. (Disegni Gildo Solari)



**Fig.6**  
Le due ruote del pendolo a molla libera. (Disegni Gildo Solari)

po bilanciere-ancora reso indipendente dal moto del pendolo. Iniziamo una minuziosa analisi dell'inserimento e distacco dei denti della ruota doppia di scappamento dai pioli dell'ancora dal momento in cui l'asta del pendolo, oscillando da destra verso sinistra, oltrepassa la direzione verticale di un piccolo angolo, come mostrato in (**fig.7**). In questa posizione l'asta e l'ancora formano uno stesso angolo, e quindi le molle del pendolo non sono ancora deformate per inflessione; si osservi che il dente "r<sub>1</sub>" della ruota "R" si è staccato dal piolo di sinistra "S<sub>s</sub>", liberando lo scappamento. Contemporaneamente la parte cilindrica del piolo di destra "S<sub>d</sub>" si inserisce alla base del dente "h<sub>2</sub>" della Ruota "H", come appare nella stessa **fig.7**. L'ancora, quindi, non può seguire il moto dell'asta, e questa prosegue verso sinistra. Successivamente la ruota "H" di sollevamento spinge lo stesso piolo "S<sub>d</sub>" verso destra, ossia in opposizione al moto del pendolo, fino all'estremità del dente "h<sub>2</sub>", come appare nella **fig.8**; l'asta del pendolo forma l'angolo "α<sub>0</sub>" con la verticale e le molle del pendolo cominciano a flettersi. Questa è la fase di primo caricamento delle molle "i", grazie al lavoro "esterno" fornito alla ruota di scappamento. L'entità di questo caricamento dipende dalla pendenza del dente "h<sub>2</sub>" di sollevamento; esso risulta *il solo effetto utile*

**Fig.7**  
Pendolo e Ancora  
oscillanti attraverso  
lo stesso asse centrale.

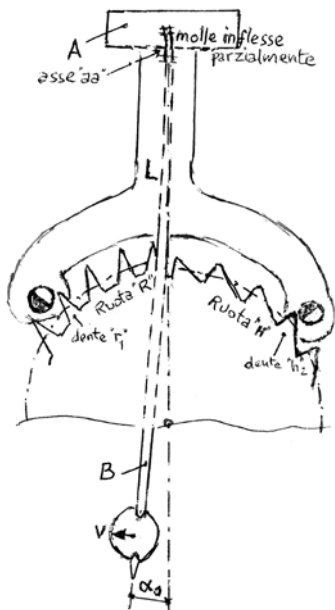


**Fig.7**

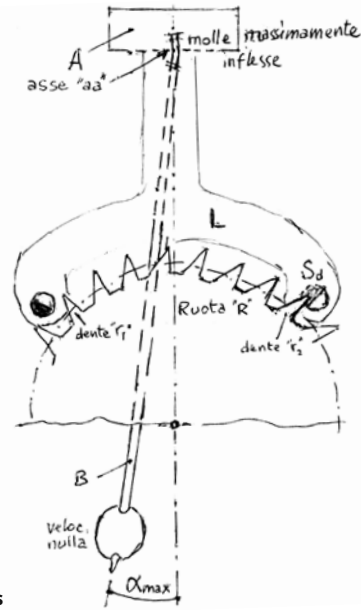
**Fig.8**  
Arresto dell'Ancora  
con Pendolo che  
prosegue nel moto.

**Fig.8 bis**  
Arresto del Pendolo  
(l'Ancora è sempre  
ferma).

(Disegni Gildo Solari)



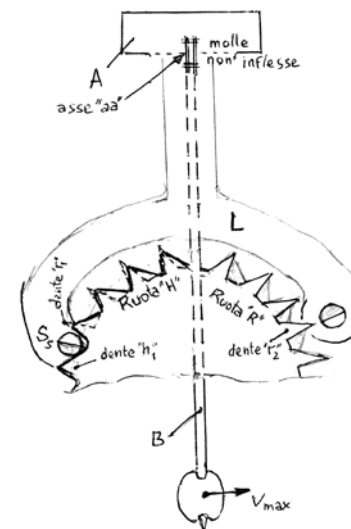
**Fig.8**



**Fig.8 bis**

al fine di fornire la spinta al pendolo nella successiva corsa di ritorno, necessaria a sopperire alle perdite di energia del sistema. Qui si verifica un leggero scatto della ruota di scappamento fino all'arresto del dente "r<sub>2</sub>" della ruota "R" contro la parte piana dello stesso piolo "S<sub>d</sub>". Quindi il pendolo prosegue la corsa fino all'arresto, in cui è massimo l'angolo di oscillazione ("α<sub>max</sub>" circa 1,5°); la molla del pendolo assume la sua massima flessione (**fig.8 bis**). Ora il pendolo inizia la corsa verso destra. Nel primo tratto, individuato dagli angoli da "α<sub>max</sub>" ad "α<sub>0</sub>", la molla semplicemente restituisce al pendolo l'energia sottratta allo stesso nel periodo specularmente precedente. Successivamente, e cioè fino a quando l'asta giunge in posizione verticale, avviene la fase di *scarico utile* della molla, che *fornisce energia netta* al pendolo (**fig.9**). Questo apporto energetico si verifica nel momento di massima energia cinetica del sistema: praticamente la fornitura di energia al pendolo avviene senza colpi o strappi, attraverso il recupero della flessione delle molle, nel momento dinamico più favorevole. Sono evitati gli urti che sicuramente si verificano negli scappamenti in cui il pendolo ed il gruppo bilanciere-ancora sono rigidamente accoppiati. In sintesi, osserviamo che:

- l'ancora spinge direttamente l'asta del pendolo, attraverso la molla "i", ma solo in un breve tratto centrale dell'arco di oscillazione, in cui la velocità del pendolo è massima. Nei rimanenti tratti, la spinta diretta sull'asta viene a mancare.



**Fig.9**  
Situazione dinamica  
simmetrica a quella  
di fig.7.  
(Disegno Gildo Solari)



- L'ancora viene mossa dai denti della ruota di sollevamento in senso opposto a quello dell'asta del pendolo, provocando la flessione della molla "i".
- Il brevetto di Riefler sopra menzionato è legato al ruolo della ruota di sollevamento, che impedisce all'ancora di spingere l'asta del pendolo nei tratti della corsa in cui la velocità di questo è bassa.
- Non ci sono spinte dirette dei denti della ruota di scappamento sui pioli dell'ancora, come per esempio nello scappamento di Brocot (fig.4) ed in quasi tutte le altre tipologie.
- Nello scappamento *a molla libera* di Riefler l'azione di spinta sul pendolo è esercitata dalla deformazione della molla "i", epìù precisamente dalla differenza tra il lavoro positivo di "scarico" (fig.9) e quello negativo di "caricamento" (fig.8).

Dalla posizione dello Scappamento rappresentata nella fig.7 a quella rappresentata nella fig.9 il pendolo ha effettuato due mezze oscillazioni, temporalmente equivalenti ad una oscillazione, ossia ad un secondo esatto. Si può osservare che la posizione del piolo "S<sub>d</sub>" nella fig.7 è esattamente simmetrica a quella del piolo "S<sub>s</sub>" nella fig.9 e analogamente il piolo "S<sub>s</sub>" nella fig.7 è simmetrico al piolo "S<sub>d</sub>" nella fig.9. Proseguendo il moto del pendolo dalla verticale verso destra, le posizioni dell'ancora saranno simmetriche a quelle di partenza (pendolo che dalla verticale si sposta verso sinistra) e così via per il ritorno, che conclude una oscillazione completa. È essenziale che nella posizione verticale del pendolo, il bilanciante sia in perfetto equilibrio sui coltelli, altrimenti il forte peso del pendolo preme sul bilanciante e questo sulla ruota "R" di arresto, provocando eccessivo attrito e, al limite, il malfunzionamento dello scappamento. Grazie allo sfasamento tra oscillazione del pendolo e oscillazione del bilanciante, la molla si "carica" nei punti estremi dell'oscillazione (punti di inversione del moto) e si "scarica" attorno al punto centrale del moto (zona di massima velocità): questa modalità di azione è praticamente esente da urti e da forzature nella trasmissione della forza motrice che dall'ancora passa all'asta del pendolo. In base a questo funzionamento, lo Scappamento di Riefler è pressoché del tipo "libero", nel senso che l'apporto di energia dall'ancora al pendolo avviene durante un brevissimo arco di corsa attorno al centro di oscillazione. Viceversa, lo scappamento di Graham è del tipo "a riposo", perché detto apporto energetico avviene nei tratti di inversione del moto, dove l'interazione tra bilanciante e pendolo non beneficia dell'assorbimento d'urto favorito dall'energia cinetica.

Adottando tutti questi accorgimenti che riducono drasticamente gli effetti negativi di urti, vibrazioni, irregolarità nella trasmissione del moto, specialmente tra bilanciante e asta del pendolo, e compensando totalmente l'effetto della variazione della temperatura, Riefler ha potuto realizzare il pendolo meccanico avente la massima precisione ("astronomica") che sia stata attestata da più Laboratori di Ricerca e Stazioni Astronomiche: questa è pari numericamente a meno di un millisecondo al giorno (fig.10).

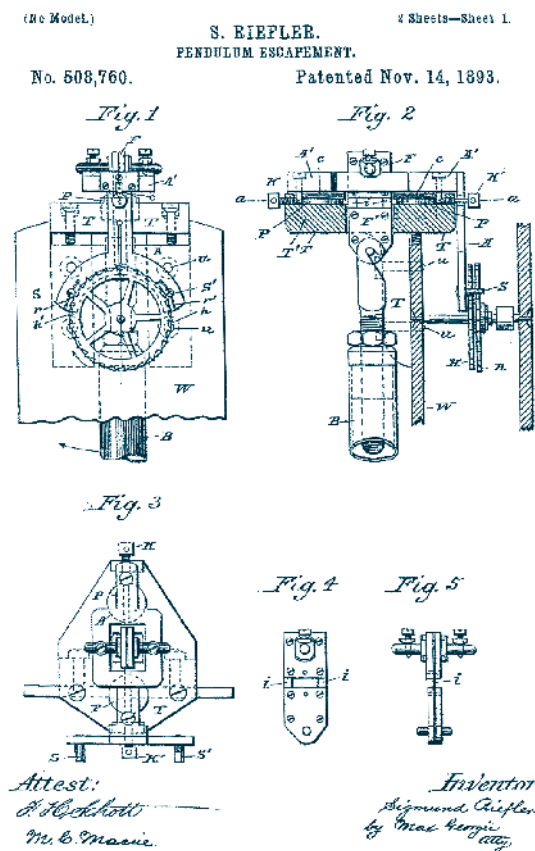


Fig.10  
Disegno originale  
di Riefler con Pendolo,  
Molle e Scappamento  
visti di fianco.

#### Bibliografia

- ▶ KRANJC, A. (1955) *Un Modello Sperimentale di Pendolo di Precisione a Scappamento Elettronico*, Memorie della Società Astronomica Italiana, vol. 26, pp.357-378
- ▶ RIEFLER, DIETER (1981) *Orologi a Pendolo di Precisione Riefler 1890 - 1965*, Callwey Verlag, Monaco.
- ▶ SOLARI, GILDO (2020) *I meccanismi degli orologi antichi*, a cura di M. Solari, Pesariis, AOP.

# LA FORMA IMMAGINATA: DALLA RAPPRESENTAZIONE TECNICA ALLA TECNOLOGIA REALIZZATIVA DEL MODELLO DI SCAPPAMENTO DI SIEGMUND RIEFLER 1893

Renato Machin, *socio esperto AOP*

## 1. Premessa

In questo intervento si è inteso descrivere il processo seguito per la realizzazione del modello dello scappamento di Riefler, così come per tutti gli altri exhibit prodotti da AOP. Tale procedura può essere utilizzata per la realizzazione di qualsiasi progetto anche complesso. Tutti i passaggi di seguito descritti vanno considerati come fasi che crescono insieme con il progetto da realizzare. Quindi non sono singole tappe da raggiungere successivamente ma fasi che si incrementano e si perfezionano in continuità, integrandosi fino alla conclusione del lavoro. Ogni passaggio rappresenta l'anello di una catena che servirà ad offrire in uscita un contributo di concretezza nella realizzazione finale.

## 2. Conoscere

In questa fase di ricerca e documentazione si deve apprendere il meccanismo essenziale che dovrà essere reso funzionale, indipendente e semplificato nella sua realizzazione. Da questa attività scaturiscono le scelte delle bozze di lavoro come sistema di riferimento per il progetto da concepire.

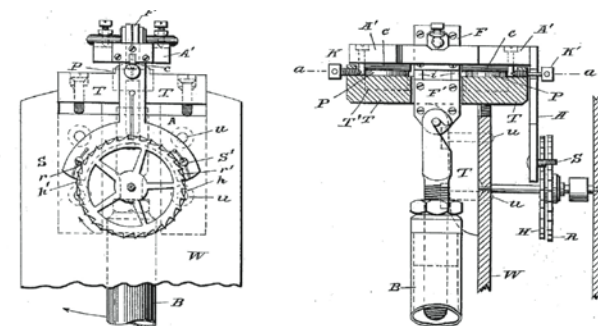


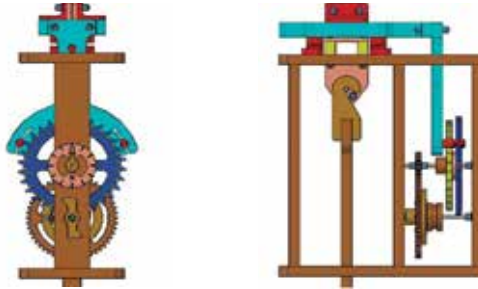
Fig.1  
Scappamento  
di Riefler.



### 3. Capire

Qui si concretizza lo studio e realizzazione del modello virtuale, in ambiente 3D, costituito da un insieme di singoli elementi generati, collegati e vincolati tra loro in modo opportuno per creare il movimento desiderato. Si tratta di implementare le conoscenze acquisite sviluppando la componentistica dimensionata, legandola alla tecnologia attraverso la quale verrà costruita.

Fig.2  
Studio e realizzazione  
del modello virtuale.

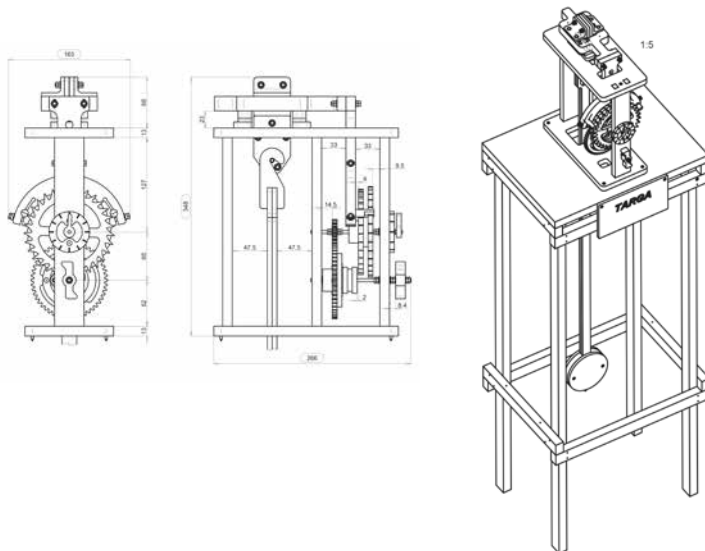


### 4. Comprendere

Questo anello rappresenta la fase di gestione strutturata del progetto. Da qui si ricavano la distinta dei materiali necessari nella pratica, associati alle scelte delle tecnologie di lavorazione, e un preventivo dei costi. Praticamente si mette in tavola il modello 3D con tutti i disegni d'insieme e dei vari sottogruppi con cui si è pensato di destrutturare il progetto realizzativo.

Fig.3  
Messa in tavola  
dei disegni  
del modello.

(Schemi  
Renato Machin)



### 5. Realizzare

Si mettono in pratica finalmente le decisioni, con le tecnologie scelte, per creare nella realtà tutti i componenti del modello virtuale e le modalità di accorpamento in sottogruppi con preassemblaggi pratici e funzionali.

Nello specifico:

- le parti realizzate con il taglio laser vanno preparate con opportuni ridimensionamenti della sagoma di taglio che considera la traccia portata via dal taglio laser.
- i componenti da realizzare con la stampa 3D vanno preparati con appositi files considerando opportuni parametri di stampa per una buona ed efficace risoluzione.
- le parti da ottenere con le lavorazioni tradizionali sono accompagnate dai disegni specifici dei singoli componenti quotati da costruire.

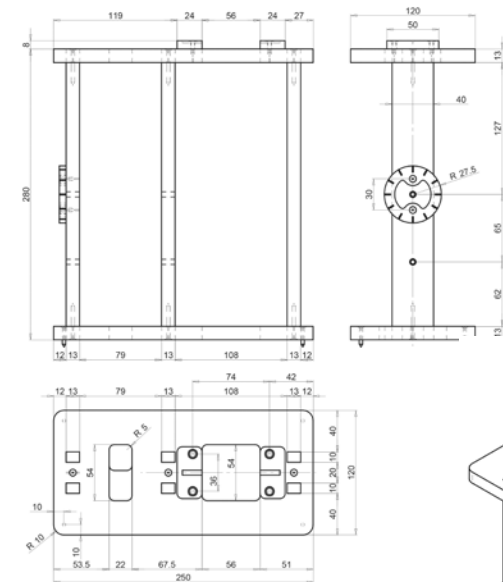


Fig.4  
Messa in tavola  
dei vari sottogruppi.  
(Schemi  
Renato Machin)





Telescopio  
astronomico  
della *Fondazione  
Polse di Cougnes*  
di Zuglio.  
(Foto: Archivio  
Gruppo Astrofisico)

Il Progetto "La sincronizzazione del tempo e l'ingegneria di precisione" ha favorito nuovi dialoghi con i giovani della Carnia attraverso le Associazioni culturali del territorio e gli Istituti Superiori: ISIS Paschini - Linussio, indirizzi Liceo Scientifico e Linguistico di Tolmezzo. AOP cura queste relazioni, opportunità da un lato di sensibilizzazione verso le comunità locali sulla storia orologiaia pesarina e dall'altro di costruzione di possibili collaborazioni per l'esplorazione di aspetti atti a comprenderla. Significativa in tale contesto è la testimonianza dei giovani del Gruppo Astrofisico che opera in seno alla *Fondazione Polse di Cougnes*, via San Pietro, Zuglio. Essi sono stati presenti a Trieste al Makerfire dove hanno visto il Pendolo di Riefler realizzato con progettazione 3D e hanno partecipato al Seminario del 28 ottobre a Pieria - Prato Carnico.

## TESTIMONIANZA DEL GRUPPO ASTROFISICO POLSE DI COUGNES

Beatrice Gaiani, Andrea Cescato

"Siamo un gruppo di volontari, appassionati di astronomia amatoriale che opera presso l'Osservatorio 'Polse di Cougnes' uno dei più grandi osservatori amatoriali in regione. Alle nostre attività osservative che spaziano dall'astrofisica alla ricerca di asteroidi si affianca quella divulgativa. Accogliamo dalla primavera all'autunno tutti gli appassionati con visita all'osservatorio, serate dedicate all'osservazione degli oggetti celesti, conferenze a tema (nostro ospite speciale è il prof. Longo del Dipartimento di Fisica di Trieste). Attualmente il nostro impegno che può usufruire di alcuni telescopi da 70cm, da 30cm e di telescopi più piccoli portatili è dedicato alla ricerca di asteroidi, alla fotografia planetaria e del profondo cielo. In preparazione al seminario del 28 ottobre abbiamo approfondito il tema della misurazione del tempo e cercato di comprendere il ruolo fondamentale degli osservatori nel contesto della sincronizzazione del tempo.

La nostra attenzione si è focalizzata sul loro fondamentale ruolo nella determinazione del tempo a partire dall'osservatorio di Greenwich.

Il convegno ha rappresentato per noi un'importante occasione di confronto e approfondimento. Per questo siamo grati a AOP dell'opportunità che ci ha dato".



Collezione di orologi  
F.lli Solari.  
(Foto: Andrea Moro)

parte  
terza

LA STORIA DELLE FERROVIE  
E IL COLLEZIONISMO

## OROLOGI REGISTRATORI: TESTIMONIANZA DI UNA PASSIONE AL SERVIZIO DEL PATRIMONIO CULTURALE

Andrea Moro, tecnico, collezionista orologi ferroviari - Treviso

Mi chiamo Andrea Moro, ho 51 anni, sono di Treviso e lavoro presso un'azienda di elettrodomestici come disegnatore meccanico. Sono appassionato del mondo ferroviario fin da piccolo, molto probabilmente, anzi sicuramente, perché cresciuto vedendo sfrecciare di continuo i treni dal giardino di casa che era affacciato sulla linea ferroviaria che collega Venezia con Udine. Avendoli sotto gli occhi tutti i giorni la mia attenzione si è subito focalizzata su qualsiasi cosa si muovesse su binari: locomotori, automotrici, carri merci, carrozze passeggeri, tanto che il mio sogno era quello di diventare macchinista. La miopia poi ha bloccato questa aspirazione, ma non la passione che col passare degli anni è incrementata e si è spostata verso un altro ramo delle ferrovie o, per dirla in gergo tecnico, verso un altro Servizio: quello degli impianti elettrici e di segnalamento. Qui per me si è aperto un nuovo mondo, fatto di segnali, di sale piene di relè collegati assieme da chilometri di cavo elettrico, dal banco di manovra che attraverso questi sistemi regola con sicurezza la circolazione dei treni. In particolare, nell'ufficio del capostazione mi ha colpito fin da subito per la sua grandezza unita a semplicità ed eleganza la presenza di un orologio a pendolo al cui interno si intravedeva la presenza di mix di componenti meccanici ed elettrici. Anche la targhetta del costruttore mi ha da subito colpito, con quella scritta incisa: Ditta F.lli Solari Fabbrica orologi Fondata nel 1725 Pesariis (Udine). Sono subito andato ad indagare su libri e schemi elettrici scoprendo che a questo orologio, definito orologio registratore, era affidata la registrazione su carta paraffinata del funzionamento di tutti gli apparati della stazione, la registrazione poi poteva venire analizzata dai tecnici in caso di malfunzionamento di qualche meccanismo o nel caso di incidenti. Data la particolarità di questo orologio ho deciso che dovevo averne uno e ci sono riuscito dopo una serie di ricerche attra-



verso un sito di aste on-line. Una volta ricevuto ho potuto finalmente ammirarlo da vicino, iniziare ad analizzarlo e smontarlo rimanendo affascinato dall'accurata lavorazione dei meccanismi interni tanto da appassionarmi a studiarne il funzionamento, l'evoluzione e le caratteristiche di tutte le versioni adottate dalle Ferrovie dello Stato. Continuando le ricerche sui siti di aste on-line sono riuscito a recuperarne altri e con gli anni ho potuto creare un piccolo museo in casa che ripercorre la storia di tutti gli orologi registratori usciti dalla fabbrica di Pesariis dagli anni '40 agli anni '80, rendendoli tutti funzionanti, riparando o ripristinando le parti danneggiate o mancanti. Grazie al progetto della sincronizzazione del tempo dell'associazione Amici dell'Orologeria Pesarina e al permesso del personale di Rete Ferroviaria Italiana sono riuscito a coronare un altro sogno nel cassetto: vedere da vicino la centrale trasmittente della stazione di Venezia Santa Lucia, un apparato imponente con un orologio a pendolo principale e uno di riserva, un quadro centrale in marmo su cui sono applicate una serie di apparecchiature di comando e controllo, risalente agli anni '40, che fino agli anni '90 circa ha comandato tutti gli orologi della stazione di Venezia, cedendo poi il passo all'elettronica. La speranza è di vederla nuovamente in funzione come storica testimonianza dell'alto livello delle maestranze della ditta Solari di Pesariis.



**Fig.1**  
Orologio registratore  
di eventi delle Ferrovie  
della F.Ili Solari.  
(Foto: Andrea Moro)



**Fig.2**  
Collezione  
di orologi F.Ili Solari.  
(Foto: Andrea Moro)



**Fig.3**  
Orologio registratore  
con cassa in metallo  
RSI 20, fine anni '60.  
Dettaglio lancia  
impulsi.  
(Foto: Andrea Moro)



## L'ORARIO E L'OROLOGIO, STRUMENTI DI LAVORO DEL FERROVIERE

Roberto Trombetta, *collezionista, studioso di storia delle ferrovie*

Abbiamo potuto e voluto controllare il tempo, attraverso l'elettricità, unendo, legando, sincronizzando tutti gli orologi della stazione ferroviaria in un unico sincrono strumento di lavoro. Già, perché di lavoro si tratta, tutti in ogni luogo dovevano sapere esattamente che ore erano. Il meccanismo era ed è semplice, un impulso manda un segnale a tutti gli orologi, i quali si muovono di un tic, o di un tac, tutti insieme simultaneamente. Non ne dimentichiamo nessuno, o meglio ce n'è uno, non dico il più importante, escludendo la Centrale Oraria madre di tutti, ma sicuramente il più usato, il più vissuto, che non viene controllato elettricamente: l'orologio del ferroviere. L'oggetto che più di altro potrebbe raffigurare la figura del ferroviere, quello che mai lascia la tasca del suo proprietario.

Il luogo comune ci ha insegnato che l'orologio era solo di appartenenza al capotreno o al capostazione. Erano in molti ad avere diritto a questo strumento di lavoro, perché si usava per lavoro, anche il casellante doveva sapere quando passava un treno, e conoscere la distanza calcolata in tempo dal successivo treno, regole ferree come noi sappiamo. Chi controllava i binari, il macchinista, chi spostava manualmente i sistemi di scambio, le cabine ACE. Il personale viaggiante, coloro che non avevano un luogo fisso di lavoro ma lavoravano sui binari o su essi viaggiavano con il treno. Erano molti, moltissimi, e come loro erano moltissimi gli orologi a loro disposizione.

Abbiamo iniziato a controllare il tempo sin dalla nascita della ferrovia, non parlo dell'Italia ma parlo del territorio italiano, un'Italia che ancora non era ben definita: Strade Ferrate Lombardo Venete e dell'Italia Centrale, Ferrovie Sicule, Ferrovie reali Sarde, Ferrovie dell'Alta Italia. Erano tante le società ferroviarie e non poteva essere altrimenti: il mezzo del futuro era il treno e tutti ad investire su di esso, costruendo, producendo chilometri di binari, organizzando i sistemi di trasporto. Ma tutto questo veloce pro-



Fig.1  
Cipollone  
delle Ferrovie  
dello Stato  
Orologio Arsa  
Precision.  
(Foto: Collezione  
Mirco Lucchesi)



Fig.2  
Ferrovieri consultano  
il loro orologio.  
(Foto: Archivio  
fondazione FS)



gresso all'inizio non ha fatto i conti con il sapere e la conoscenza. Sappiamo che le ferrovie Austro Ungariche usavano personale militare, lo stesso faceva la Leopolda, perché non c'era un personale specifico, non esisteva il ferroviere. I nostri ferrovieri da dove venivano? Erano contadini, manovali, maniscalchi, gente forte robusta, pelle dura, viso scavato dal lavoro, prima si costruisce la ferrovia e poi si acquisisce il titolo di ferroviere. L'orologio già c'era ma lo dovevi comprare, le amministrazioni erano restie ad elargire un bene così prezioso al personale che ancora non aveva ben chiaro il concetto dell'essere ferroviere. Pochi erano quelli di servizio, ma tutti dovevano averlo, se non lo avevi, rischiavi di non lavorare. Che orologio si comprava in quel periodo? Semplice, essenziale, sicuramente non di metallo nobile, economico, ma robusto, per ovvie ragioni. I *Roskopf*? Andavano benissimo, abbiamo testimonianze di orologi dati ai ferrovieri nell'800. Ma il tempo si evolve, ci chiede più precisione e anche l'orologio diventa più preciso e prezioso. Pensiamo un attimo a come e cosa pensava un umile ma fiero ferroviere appena assunto, di provenienza agricola che potrebbe non aver mai avuto un orologio, ad averlo, possederlo, controllarlo. Che soddisfazione poter sapere sempre che ore erano. Già, ma poi era un orario



Fig.3  
Stazione  
S. Antonio di Susa.  
(Foto: Collezione  
Paolo Bresci, 1920)

corretto? Era uguale a quello degli orologi dei suoi colleghi? Per non parlare poi della centrale oraria.

Abbiamo creato il servizio e ora dobbiamo controllarlo, creando regole, scrupolose, severe a volte, ma tutte rivolte alla sicurezza. Vi lascio immaginare, e non sarà difficile, cosa potrebbe succedere quando orologi di diverse stazioni segnano un tempo diverso, fosse solo anche di pochi minuti. Il ferroviere ha così un compito importantissimo, regolare il suo tempo con quello degli altri. Meccanicamente ed istintivamente, controlla in ogni dove ed ogni volta che incontra un orologio centralizzato, il suo orologio da tasca, per essere sicuro di averlo sempre ad ora. Quelle stazioni poi che non potevano essere raggiunte dal telegrafo, avevano un sistema differente. *L'orologio regolatore*, particolare, unico per la sua grande importanza, quella del trasporto del tempo esatto, necessitava di un sistema di protezione evitando la manipolazione dello stesso. Un orologio controllato direttamente dalla centrale oraria e sincronizzato solo da essa. *L'orologio piombato*. Un sistema unico applicato alle ferrovie esclusivamente in Italia. Il sistema della piombatura ha avuto la sua evoluzione nel tempo dagli anni 1850 fino al 15 settembre 1951, quando fu abbandonato come sistema di controllo del tempo. Il sistema semplice non permetteva al suo possessore di poter rimettere l'ora, la *"mise a l'heure"*. Così non si poteva alterare il tempo di viaggio di un treno. Una concezione tipica-

Fig.4  
Orologio da tasca  
piombato.  
(Foto: collezione  
Andrea Mignanesi)



Fig.5  
Capotreno consulta  
il cipollone.  
(Foto: elaborazione  
grafica Roberto  
Trombetta)

mente italiana di un sistema burocratico fatto di leggi anche per regolamentare un semplice ma importantissimo trasporto. L'orologio, che partiva con il *treno regolatore* dalla stazione di partenza, doveva poi essere confrontato con il sistema orario della stazione di arrivo. Il capotreno aveva l'obbligo su richiesta di dare l'ora ad ogni stazione di passaggio: "Oraaaaaa, oraaaaaa!". Vi lascio immaginare il frastuono di una locomotiva a vapore che si ferma ad una stazione di transito. Lo sbuffare del vapore, il fischio, gente che sale e gente che scende, il capotreno con gli addetti alla stazione che controllano il via vai delle persone, facendo attenzione che tutto si svolga velocemente e senza rischi per nessuno, e qualcuno che grida: "Oraaaaaa, oraaaaaa!". Il capostazione che chiede al capotreno l'ora esatta... Qui subentra il concetto di importanza del proprio lavoro. Il trasporto del tempo ha reso il binomio ferroviere ed orologio molto stretto. Se prima l'orologio veniva usato come normale oggetto, adesso dev'essere custodito, cosa ben diversa, protetto, e mantenuto nel tempo.

Il ferroviere diventa custode, guarda l'orologio e lo ammira perfetto e semplice nelle sue forme e preciso nella sua meccanica. Non lo abbandonerà mai più, non lascerà l'orologio neanche dopo quando sarà in pensione, lo caricherà ogni giorno per osservarlo dal suo mobile oppure indossato nel gilet o nella tasca, se non al polso per i più moderni.

Non c'è ferrovia se non c'è orologio e su questo non c'è ombra di dubbio. Concludiamo con una stupenda poesia pubblicata nel 1837.

## La disgrazia di avere un oriuolo

- *Finché l'uomo non ha né moglie né oriuolo è un uomo libero, un uomo senza pensieri.*
- *Dal momento in cui si prende moglie o si compra un oriuolo, si diviene un mezzo uomo, la moglie o oriuolo è l'altra metà.*
- *Dal momento in cui l'uomo ha un oriuolo, vi è eterna inquietudine e nell'oriuolo e nell'uomo. L'orologio ha bisogno di una catena, la catena ha bisogno di pendente, di sigillo ecc.*
- *Nel momento che si ha un oriuolo, non si sa più che ora sia. Ogni settimana, due volte dall'orologiaio, l'orologiaio gli tasta il polso, gli ordina bagni a vapore, cavate di sangue, senapismi ecc., l'oriuolo torna a casa. Prima correva venti minuti, ora ritarda mezz'ora. Nuovo consulto, nuovi vescicanti, nuove fasciature, alla fine si mette tranquillamente l'oriuolo in tasca, ed ecco ti si rompe il vetro.*
- *La sera si arriva stanchi a casa, si mette l'oriuolo in un cantone, la mattina si è presi da un terrore panico "il mio oriuolo dov'è il mio oriuolo?"*
- *Si va in campagna, bisogna sapere l'ora precisa, quando si deve essere a casa la sera si guarda l'oriuolo... si è dimenticato di caricarlo... si vuol caricarlo, la chiave non va bene!*
- *Si va in mezzo alla folla, nuova inquietudine! nuovo timore di vederselo rubare! si è invitati in qualche luogo, viene un ragazzo male educato: "il tuo orologio, lasciami vedere il tuo orologio!" ti salta addosso con le scarpe sporche per vedere il tuo oriuolo.*
- *Se cammini in fretta per la strada ti abborda un ragazzo che va a scuola "in grazia, che ora è?" insomma chi ha un oriuolo non ha più un momento di pace. Neanche chi ha una moglie non ha più un momento di pace.*

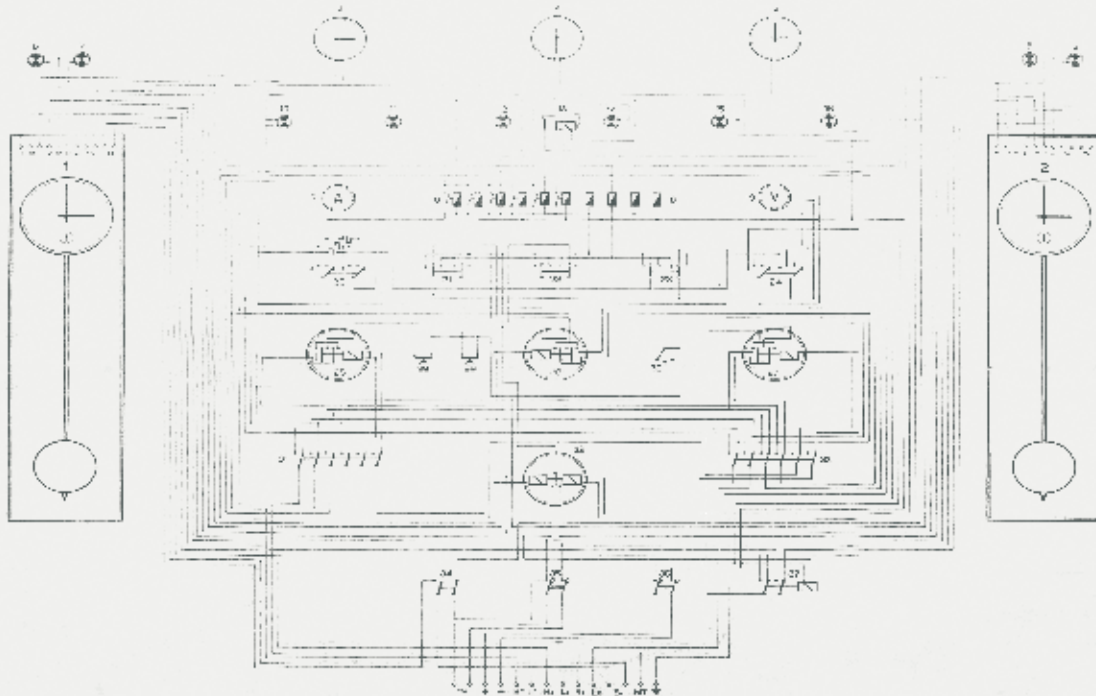
Anonimo (1837) "La Fame", *Settimanale di Scienza*.

## Bibliografia

- ▶ TROMBETTA ROBERTO. *Il tempo dei treni*.
- ▶ TROMBETTA ROBERTO. *Il tempo dei treni continua*.
- ▶ *Archivio fotografico Fondazione FS*.
- ▶ *Bollettino ufficiale delle ferrovie*, (vari anni).
- ▶ *Il monitore delle strade ferrate*, (vari anni).

## LA CAPITALIZZAZIONE DELLA RICERCA ATTRAVERSO IL PROGETTO DI DIVULGAZIONE 2023-24

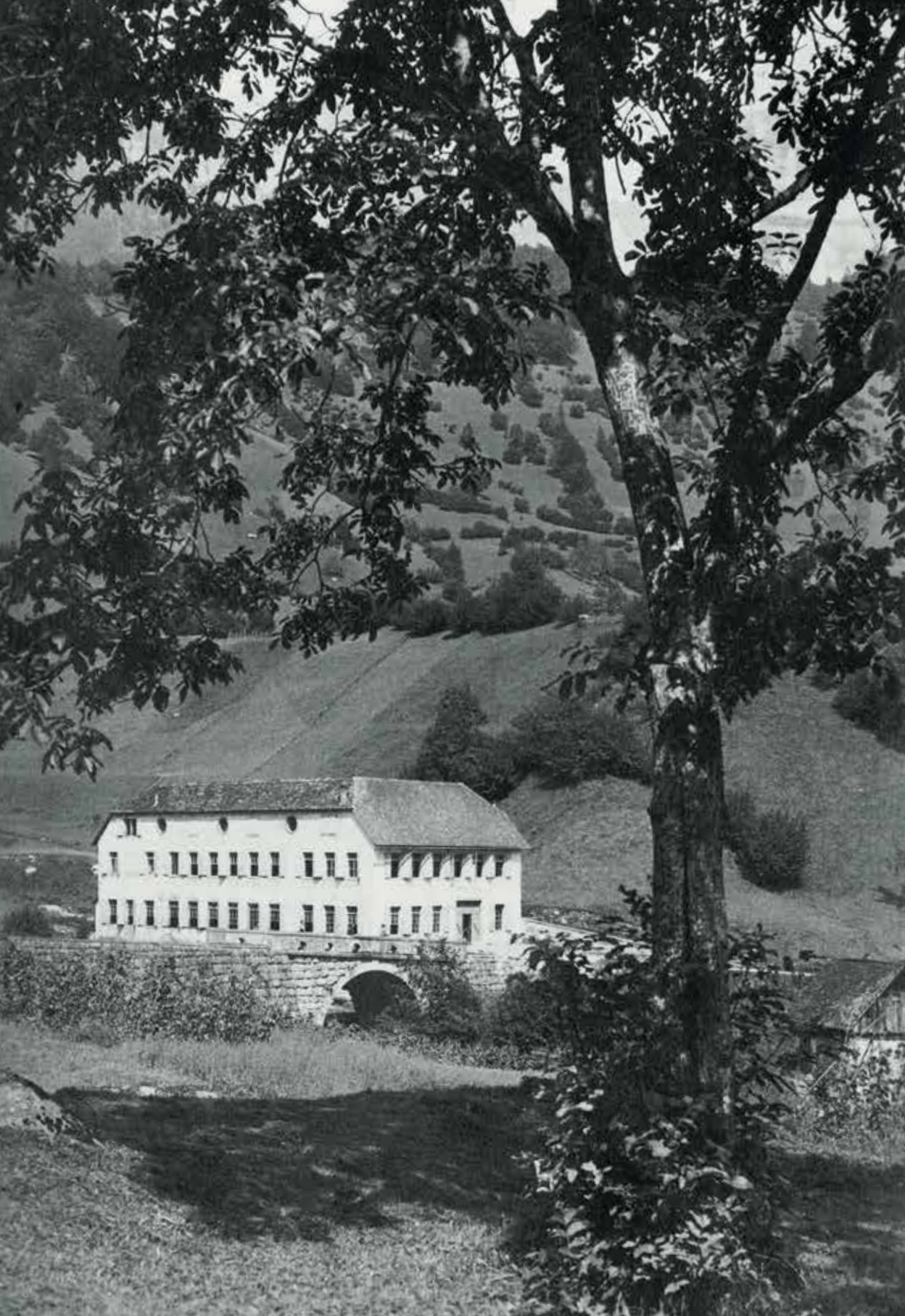
Franco Rota, Eurotrieste, consulente AOP



Schema elettrico Solari  
dell'ultima centrale  
oraria fornita alle F.S  
nel 1964. (Tavola  
Aurelio Durigon)

Il folto numero dei partecipanti che ha seguito i lavori del Workshop nel pomeriggio del 28 ottobre 2023 ha riconfermato il diffuso interesse per i temi trattati e l'utilità di questa iniziativa: un giudizio rafforzato dalla non meno significativa e autorevole partecipazione dei rappresentanti istituzionali i quali, a loro volta, hanno assistito con palese attenzione a tutto l'incontro. Il merito di tutto ciò va riconosciuto a diversi attori: *in primis* all'Associazione Amici dell'Orologeria Pesarina promotrice della ricerca, poi ai qualificati esperti e relatori, ai partner altamente qualificati, alla Regione FVG che ha assegnato al progetto i necessari mezzi finanziari dopo attenta e obiettiva valutazione. Tra i punti di forza della proposta, sono risultati premianti la competenza e l'esperienza dell'Associazione promotrice, l'interesse del materiale storico oggetto di studio, la congruità del budget rispetto agli obiettivi, il coinvolgimento dei giovani, la fruibilità degli output. Con la presente pubblicazione degli Atti del workshop, in forma cartacea e digitale, corredata da ulteriori apporti documentari e illustrativi, viene assolto il preciso impegno che l'Associazione si era assunta al riguardo, nella stesura del piano generale di attività del progetto. Per capitalizzare adeguatamente i risultati di questa e di altre recenti ricerche storico-etnografiche prodotte, AOP ha già messo in campo una nuova iniziativa progettuale, di stampo divulgativo, che sta prendendo parallelamente il via e si estenderà per tutto il 2024. S'intitola, non a caso, "Pesariis, Gorizia: testimonianze di operosità e traguardi di eccellenza nell'Orologeria europea", perché si proietta nella direzione dell'ampia platea internazionale che si focalizzerà su "Nova Gorica-Gorizia, Città europea della cultura 2025".

Cinque partner qualificati affiancheranno AOP in questa nuova azione: il Comune di Prato Carnico, la Comunità di montagna della Carnia, l'Università di Udine con la sua struttura Sasweb



Lab insediata a Gorizia, il Consorzio Friuli Innovazione, la Fondazione Coronini Cronberg.

Tre sono gli obiettivi fissati: valorizzare i risultati delle recenti ricerche storico-etnografiche, contribuire agli obiettivi GO!2025, collaborare allo sviluppo di alcuni interventi previsti dal progetto PNRR "Viaggiare nel Tempo" condotto dal Comune di Prato Carnico. Come è noto, infatti, all'Amministrazione comunale fa capo il Museo dell'Orologeria per il quale si profila un'importante fase di potenziamento nella sua valenza didattica e quale attrattore di turismo culturale.

In tale quadro, l'Associazione Amici dell'Orologeria Pesarina metterà in campo pure un inedito concorso di idee, intitolato *Premio Creatività Giovani*. Sarà un momento di raccordo fra il mondo della scuola, dei ragazzi, delle famiglie, dell'economia produttiva e delle istituzioni. Ma i dettagli di tutto questo saranno oggetto di una successiva presentazione specifica.

*Nella pagina accanto*  
La fabbrica F.lli Solari  
nel 1940

*"Il tempo anima  
come acqua  
ridiscende la valle verso il mare  
risale al monte vapore  
saggezza amorevole  
con passione  
lasciarsi trasportare"*

*Renato Machin*

Finito di stampare - aprile 2024  
Tipografia Moro Srl, Tolmezzo - Prima edizione



[www.oroferiapesarina.com](http://www.oroferiapesarina.com)  
[info@oroferiapesarina.com](mailto:info@oroferiapesarina.com)